Compendio de Cineantropometría

Coordinadores

María Dolores Cabañas Armesilla
Francisco Esparza Ros

Compendio de Cineantropometría

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, su tratamiento informático, la transmisión de ningún otro formato o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo de los titulares del *copyright*.

DERECHOS RESERVADOS respecto a la primera edición en español por
© CTO EDITORIAL, S.L., 2009
C/ Núñez de Balboa, 115; 28006 Madrid
Tfno.: 91 782 43 30 - Fax: 91 782 43 43

E-mail: ctoeditorial@ctomedicina.com
Página Web: www.grupocto.es

Autores del diseño de la cubierta: Susana Ruiz Ruiz y Ángel Esparza Calvo

ISBN de la obra (EDICIÓN COLOR): 978-84-92523-71-9
ISBN de la obra (EDICIÓN BLANCO Y NEGRO): 978-84-92523-72-6

Depósito Legal: M. 30.735-2009

Preimpresión: CTO Editorial

Impreso en España - Printed in Spain
FER DIGITAL
C/ Alonso Gómez, 38; 20037-Madrid

Una de las grandes fuentes de dicha en la vida es la satisfacción de la propia curiosidad.

Pauling Linus

Es mucho mejor conocer algo acerca de todo, que todo acerca de una sola cosa.
Lo universal es siempre mejor.

Pascal Blaise

Todas las teorías son legítimas y ninguna tiene importancia.
Lo que importa es lo que se hace con ellas.

Jorge Luis Borges

Las grandes renovaciones nunca vienen de arriba, sino siempre de abajo,
al igual que los árboles nunca crecen desde el cielo hacia abajo, sino desde la tierra,
a pesar de que su semilla cayó un día de arriba

Kart G. Jung

Agradecimientos

Este libro se publica con el afán de aglutinar los conocimientos y las experiencias personales y profesionales de un grupo de científicos e investigadores, de reconocido prestigio y gran capacidad profesional, en el mundo de las ciencias de la salud y el deporte que rodea a la cineantropometría, extendiéndose tanto por el ámbito de la enfermedad y la calidad de vida, así como por el de la prevención de las diferentes patologías que rodean al hombre y su circunstancia. La Cineantropometría tiende a convertirse en estandarte fundamental en el futuro desarrollo del siglo XXI, adquiriendo cada día más importancia en todos los campos de la investigación, cuya finalidad es obtener un mundo mejor para cada persona, en su entorno personal y profesional.

Sirva esta introducción de agradecimiento a todos los autores y, en particular, al secretario de la ISAK *(International Society for the Advancement of Kinanthropometry)* Michael Marfell-Jones, por el apoyo incondicional y la inyección de energía que supuso su presencia como profesor instructor en el curso de Murcia de 2007.

Esta obra contribuye a la oferta formativa e investigadora que los profesionales sanitarios precisan para el mejor desarrollo de su actividad.

Mención especial dedicamos al trabajo desarrollado por todas aquellas personas que, directa o indirectamente, se han visto implicadas durante la ejecución de este gran proyecto editorial, como ayudantes, secretarias, familiares, dibujantes, amigos y todos aquellos sin cuya colaboración inestimable no hubiera sido posible la finalización de este trabajo.

Los coordinadores
Dra. M.ª Dolores Cabañas Armesilla
Dr. Francisco Esparza Ros

ALVI C
Profesor
Escuela
y del e
Univ si
Antropo
España

ARÉC I
Investiga
de Inv s
Univ i
México,
México

CABA
Prof. Titu
Departar
Facul d
Unive i
Especiali
Física y
Espec li
Especiali
Presiden
de Ci a
Antro
España

ESPAI
Prof.
de la Un
(UCAM)
Direct
Depo
Miembro
Miem
de Cir a
President
España

HERR
Director
Facultad
Unive
Antrop
España

MAES I
Pediatra
Centro de
España

Autores

ALVERO CRUZ, JOSÉ RAMÓN
Profesor Titular de la Facultad de Medicina
Escuela de Medicina de la Educación Física
y del Deporte
Universidad de Málaga
Antropometrista ISAK nivel III
España

ARÉCHIGA VIRAMONTES, JULIETA
Investigadora Titular de Instituto
de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
México, DF
México

CABAÑAS ARMESILLA, MARÍA DOLORES
Prof. Titular de Universidad
Departamento de Anatomía y Embriología Humana 2
Facultad Medicina
Universidad Complutense de Madrid
Especialista en Medicina de la educación
Física y el Deporte
Especialista en Aparato Digestivo
Especialista en Medicina del Trabajo
Presidenta del Grupo Español
de Cineantropometría (GREC)
Antropometrista ISAK nivel III
España

ESPARZA ROS, FRANCISCO
Prof. Cátedra de Traumatología del Deporte
de la Universidad Católica San Antonio de Murcia
(UCAM)
Director del Master Oficial de Traumatología del
Deporte (UCAM)
Miembro del Comité Ejecutivo de la ISAK
Miembro Fundador del Grupo Español
de Cineantropometría (GREC)
Presidente Honorífico del GREC
España

HERRERO DE LUCAS, ÁNGEL
Director del Departamento de Fisioterapia
Facultad de Medicina
Universidad CEU San Pablo de Madrid
Antropometrista ISAK nivel I
España

MAESTRE LÓPEZ, MARÍA ISABEL
Pediatra de Atención Primaria
Centro de Salud Canillejas (Área IV) de Madrid
España

MARRODÁN SERRANO, MARÍA DOLORES
Prof. Titular de universidad
Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Complutense de Madrid
España

ORDAZ ROMAY, ENRIQUE
Físico especialista en Cálculo automático
Departamento de Sistemas de Información
y Procesos. Banco de España
España

MÉNDEZ DE PÉREZ, BETTY M.
Prof. Titular de la Universidad Central
Unidad de Bioantropología, Actividad Física
y Salud
Instituto de Investigaciones Económicas
y Sociales/FACES
Universidad Central
Antropometrista ISAK nivel III
Venezuela

PORTA I MANZEÑIDO, JORDI
Catedrático
Departamento de Salud y Ciencias Aplicadas
INEFC, Barcelona
Antropometrista ISAK nivel III
España

PRADO MARTÍNEZ, CONSUELO
Profesora Titular de universidad
Departamento de Biología
Unidad de Antropología
Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Madrid
España

SALAZAR LIOGGIODICE, MARINÉS
Prof. Escuela de Antropología
Investigadora de la Unidad
de Bioantropología, Actividad Física y Salud
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Universidad Central de Venezuela
Venezuela

DEL VALLE RAMIRO, ANTONIO
Tesis Doctoral
Estudio bio-antropológico longitudinal
del envejecimiento de ancianos
de la Comunidad Autónoma de Madrid
España

Prologue

Anthropometry, in one form or another, has been practised for thousands of years, certainly from the time that Man started wearing clothes and shoes, if not before. The first people to write anything down about its practice were probably the Ancient Egyptians at least 5,000 years BC, followed, two or three thousand years later, by the Chinese. It wasn't until the late 20th century, however, that Kinanthropometry – the measurement of Man specifically to better understand his movement - emerged as a science in its own right. Though much has been written on the topic since, the number of quality texts which provide a comprehensive coverage of the many aspects of kinanthropometry is minimal.

It was with both pleasure and delight, therefore, that I discovered that number was to be added to in such a positive way when I received my invitation to write this prologue for the Compendio de Cineantropometria.

Although I had, of course, been aware, through my various ISAK roles, of the excellent work that Spanish kinanthropometrists had been doing in the past thirty years, it was not until July 2007, when I was invited to Murcia to hold an ISAK Level 3 re-accreditation workshop, that I fully realised just how extensive that work was. Whilst there, surrounded by senior Spanish anthropometrists, I was presented with a copy of the Manual de Cineantropometria, produced in 1991 by the Comite Ejecutivo del Grupo Español de Cineantropometria (GREC), under the direction of then Presidente Francisco Esparza-Ros, as the third in a series of three monographs published by the Spanish Federation of Sports Medicine (FEMEDE). It is that Manual that this book, the Compendium, replaces and more.

As with the 1991 publication, the authors collectively form a veritable Who's Who of Spanish anthropometry. Led by Dra. María Dolores Cabañas Armesilla and Prof. Dr. Francisco Esparza Ros, these authors have put together a comprehensive work, which begins with the history of kinanthropometry, fully covers measuring techniques (including all ISAK measures), and provides the reader with a good understanding of essential areas of kinanthropometry such as Somatotype, body composition, and proportionality. These are followed by discussion of a host of applications, including the provision of the necessary tools (equations, etc.) to allow their use. As a result, this compendium will prove an invaluable, up-to-date guide for all Spanish-speaking anthropometrists.

My sincere congratulations go to all the contributing authors – a star-studded line-up, indeed – for their part in providing such a valuable addition to the on-going study of kinanthropometry. Even more, my congratulations and thanks go to Dra. Cabañas and Prof. Dr. Esparza Ros, for the excellence of their work in guiding the team and bringing the project to fruition. Having done similar projects in the past, myself, I understand only too well what a monumental task that can be.

Both personally and on behalf of kinanthropometrists worldwide, I commend this text to you, the reader, and wish you success in the furtherance of your scientific work.

Michael Marfell-Jones

Prólogo

La antropometría, de una forma o de otra, se ha venido practicando desde hace miles de años, sin duda desde que el *Hombre* comenzó a usar vestimenta y calzado, incluso antes. Los primeros pueblos que dejaron constancia manuscrita de esta práctica fueron probablemente los antiguos egipcios al menos 5.000 años a.C, continuados, dos o tres mil años después, por los chinos. No fue, sin embargo, hasta finales del siglo XX que la Cineantropometría –la medición específica del *Hombre* para mejor comprensión de su movimiento– emergió como ciencia de pleno derecho. Si bien mucho se ha escrito sobre este tema desde entonces, la cantidad de textos de calidad que ofrecen una visión global de los diversos aspectos de la Cineantropometría es mínima.

Fue con placer y gran deleite, por tanto, cuando pude descubrir de una manera tan positiva cómo ese número de textos podía ser ampliado al recibir la invitación para escribir el prólogo de este nuevo Compendio de cineantropometría.

Si bien, desde luego, he tenido constancia, a lo largo de mis diversas funciones en ISAK, del excelente trabajo que los *cineantropometristas hispanos* han venido realizando durante los últimos treinta años. Fue, sin embargo, en julio de 2007, cuando fui invitado a Murcia para celebrar un curso ISAK de reacreditación nivel 3, donde comprobé fehacientemente la magnitud del trabajo realizado. *In situ,* rodeado por los antropometristas españoles más experimentados, me presentaron una copia del Manual de cineantropometría, producido en 1991 por el Comité Ejecutivo del Grupo Español de Cineantropometría (GREC), bajo la dirección de su entonces presidente Francisco Esparza Ros, como la tercera de una serie de monografías publicadas por la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). Es este Manual al que el nuevo libro, el Compendio, reemplaza y amplía.

Con esa publicación de 1991, los autores colectivamente formaron el auténtico *Quién es quién* (liderazgo de opinión(*)) de la antropometría española liderados por la Profesora Dra. María Dolores Cabañas Armesilla y el Profesor Dr. Francisco Esparza Ros, autores que aglutinaron un trabajo integral, comenzando con la historia de la Cineantropometría, abarcando íntegramente las técnicas de medición (incluyendo todas las medidas ISAK), y ofreciendo al lector una buena comprensión de las áreas esenciales de la cineantropometría como son el somatotipo, la composición corporal y la proporcionalidad. Estas son seguidas por una discusión de los ámbitos de aplicación, incluyendo las previsiones de las herramientas necesarias (ecuaciones, etc...) de uso. Como resultado, este compendio se demostrará de incalculable valor, como guía actualizada para todos los antropometristas de habla hispana.

Mi más sincera enhorabuena a todos los autores –de hecho una alineación repleta de grandes estrellas– que han contribuido con su papel a proporcionar una ampliación de gran valor en el futuro estudio de la cineantropometría. Especialmente, mi enhorabuena y agradecimiento a la Dra. Cabañas y al Dr. Esparza, por la excelencia en su trabajo para guiar este equipo y cristalizar un proyecto. Habiendo realizado personalmente proyectos similares en el pasado, entiendo perfectamente la tarea que ello puede suponer.

Tanto personalmente como en nombre de todos los antropometristas a nivel mundial, personalmente te recomiendo este texto, a ti lector, y te deseo muchos éxitos en el desarrollo de tus trabajos científicos.

Prof. Dr. Michael Marfell-Jones

(*) Nota del traductor

Índice de la obra

Agradecimientos V
Autores VII
Prólogo en inglés del Profesor Michael Marfell-Jones VIII
Prólogo en español del Profesor Michael Marfell-Jones IX
Índice de la obra XIII

UNIDAD I. INTRODUCCIÓN

Capítulo 1. Revisión histórica y fundamentos históricos de la Cineantropometría 1
Francisco Esparza Ros

1.1. Introducción 3
1.2. Historia antigua de la Cineantropometría 3
1.3. Historia moderna de la Cineantropometría 5
1.4. Situación de la Cineantropometría en España 7
Bibliografía 9

Capítulo 2. Conceptos básicos y generalidades 11
M. Dolores Cabañas Armesilla, M. Isabel Maestre López

2.1. Conceptos de crecimiento y desarrollo 13
2.2. Definición y concepto 16
2.3. El consentimiento informado en cineantropometría 24
2.4. Requisitos formales del consentimiento informado 27
2.5. Excepciones para la obtención del consentimiento informado 28
Bibliografía 28

UNIDAD II. TÉCNICA ANTROPOMÉTRICA

Capítulo 3. Introducción de la técnica antropométrica. Método. Medidas antropométricas. Puntos anatómicos 33
M. Dolores Cabañas Armesilla, M. Isabel Maestre López, Ángel Herrero de Lucas

3.1. Introducción de la técnica antropométrica 35
3.2. Método. Evolución de la estandarización de las medidas 36
3.3. Medidas antropométricas. Protocolo de medición 36
3.4. Puntos anatómicos 46
Bibliografía 79

Capítulo 4. Calidad de las medidas cineantropométricas 83
Julieta Aréchiga Viramontes, Betty Méndez de Pérez,
Enrique Ordaz Romay, M. Dolores Cabañas Armesilla

4.1. Introducción 85
4.2. Condiciones para una sesión de medidas cineantropométricas 85
4.3. Control y manejo de errores en medidas directas 87
4.4. Control y manejo de errores en medidas indirectas 90
Bibliografía 91

Capítulo 5. Planificación y protocolos de macroestudios antropométricos como índices de salud 93
Betty Méndez de Pérez, Marinés Salazar Loggiodice, Julieta Aréchiga Viramontes

5.1. Introducción y conceptos fundamentales 95
5.2. Metodología de diseño de proyectos 96
5.3. Los objetivos 97
5.4. Actividades 98
5.5. Los indicadores 98
5.6. Riesgos y medios de neutralización 99
Bibliografía 102

Capítulo 6. Tratamiento de la información en cineantropometría **103**
Enrique Ordaz Romay

6.1. Introducción 105
6.2. Conceptos básicos de estadística 106
6.3. La metodología estadística 107
6.4. Análisis de las técnicas estadísticas básicas 109
Bibliografía 118

UNIDAD III. ÁREAS DE ESTUDIO

Capítulo 7. Estudio de la forma corporal. Somatotipo **119**
M. Isabel Maestre López, Enrique Ordaz Romay, Betty Méndez de Pérez

7.1. Introducción. Cálculo de componentes 121
7.2. Tratamiento gráfico y matemático del somatotipo 127
7.3. Estrategias de análisis del somatotipo de grupos 138
7.4. Ámbitos de aplicación del somatotipo 146
Bibliografía 155

Capítulo 8. Composición corporal **159**

8.A. Composición corporal. Adiposidad corporal y su distribución **159**
Betty Méndez de Pérez

8.A.1. Introducción 161
8.A.2. Metodología 162
Bibliografía 164

8.B. Los métodos bioeléctricos para la valoración y el control de la composición corporal **167**
Jordi Porta i Manzeñido, José Ramón Alvero Cruz

8.B.1. Introducción 167
8.B.2. Fundamentos bioeléctricos 167
8.B.3. Historia y desarrollo de la bioimpedancia 169
8.B.4. Métodos de bioimpedancia 170
8.B.5. La bioimpedancia de multifrecuencias 171
8.B.6. La bioimpedancia segmental 172
8.B.7. Conclusiones 177
Bibliografía 178

8.C. Aplicación del concepto de composición corporal al deporte **181**
Julieta Aréchiga Viramontes, M. Isabel Maestre López, Ángel Herrero de Lucas

8.C.1. Introducción 181
8.C.2. Efectos del deporte de alto rendimiento en la variación de la composición corporal 181

8.C.3. Aplicación del análisis de la composición corporal al deporte en las etapas de crecimiento 186
8.C.4. Efectos de la actividad física en edades y situaciones especiales 193
Bibliografía 193

Capítulo 9. Proporcionalidad corporal **197**
M. Isabel Maestre López, Enrique Ordaz Romay

9.1. Introducción 199
9.2. Los índices corporales 202
9.3. El método Phantom de proporcionalidad 206
9.4. Selección de variables en los estudios de proporcionalidad 211
9.5. Estadística y significado físico de los índices Z 213
9.6. Relación del método Phantom con otros análisis 216
9.7. Modelos de proporcionalidad 220
9.8. Ampliaciones al modelo Phantom 224
9.9. Aplicaciones de la proporcionalidad 231
Bibliografía 234

UNIDAD IV. ÁMBITOS DE APLICACIÓN

Capítulo 10. Ontogenia humana **237**

10. A. Crecimiento y maduración **239**
Consuelo Prado Martínez, M. Dolores Marrodán Serrano, Antonio del Valle Ramiro

10.A.1. Introducción y conceptos fundamentales 239
10.A.2. Las etapas del ciclo vital 239
10.A.3. El patrón de crecimiento normal 240
10.A.4. Primeras fases del crecimiento postnatal 242
10.A.5. La etapa crítica de la pubertad 243
Bibliografía 246

10.B. Valoración del crecimiento y del estado nutricional **249**
M. Dolores Marrodán Serrano, Consuelo Prado Martínez, Antonio del Valle Ramiro

10.B.1. Introducción y conceptos fundamentales 249
10.B.2. Clasificación nutricional mediante el índice de masa corporal (IMC) 250
10.B.3. Diagnóstico nutricional a partir del porcentaje de grasa 252
Bibliografía 254

10. C. La variación de composición corporal en la mujer **257**
Consuelo Prado Martínez, Antonio del Valle Ramiro, M. Dolores Marrodán Serrano

10.C.1. Introducción y conceptos fundamentales 257
10.C.2. Control hormonal de los cambios ponderales 257
Bibliografía 261

10. D. Cineantropometría de los mayores **263**
Antonio del Valle Ramiro, M. Dolores Marrodán Serrano, Consuelo Prado Martínez

10.D.1. Introducción 263
10.D.2. Valoración cineantropométrica en los mayores 263
10.D.3. La anamnesis y exploración física 263
10.D.4. Áreas funcionales a evaluar 264
10.D.5. Clasificación de la edad 264

10.D.6. Consideraciones específicas para los mayores 267
Bibliografía 275

Capítulo 11. Características cineantropométricas de los deportes olímpicos de verano **279**
Ángel Herrero de Lucas, Francisco Esparza Ros, M. Dolores Cabañas Armesilla

11.1. Introducción 281
11.2. Clasificación y características especiales de los deportes olímpicos de verano: Atletismo (Pruebas de pista, campo y combinadas), Bádminton, Baloncesto, Balonmano. Béisbol, Boxeo, Ciclismo, Esgrima, Fútbol, Gimnasia, Halterofilia, Hípica, Hockey hierba, Judo, Lucha, Natación, Pentatlón moderno, Piragüismo (canoa y kayak), Remo *(scull y sweep oar), Softball,* Taekwondo, Tenis, Tenis de mesa, Tiro con arco, Tiro olímpico, Triatlón, Vela y Voleibol 286
Bibliografía 340

Capítulo 12. La Cineantropometría como índice de salud y de patología **349**
Ángel Herrero de Lucas y M. Dolores Cabañas Armesilla

12.1. Introducción 351
12.2. Patologías más frecuentemente citadas en la bibliografía 353
Bibliografía 364

Capítulo 13. La Cineantropometría y su introducción en la ergonomía y el diseño industrial **369**
Ángel Herrero de Lucas, M. Dolores Cabañas Armesilla

13.1. Introducción y conceptos fundamentales 371
Bibliografía 378

Capítulo 14. Características antropométricas generales. Valoración del tamaño corporal **381**
M. Dolores Cabañas Armesilla

14.1. Introducción de la técnica antropométrica 383
14.2. Planificación y protocolos de macroestudios antropométricos como índices de salud 392
14.3. Los medios de verificación y supuestos 393
14.4. Tratamiento estadístico 393
14.5. Somatotipo 394
14.6. Composición corporal, adiposidad corporal y su distribución 398
14.7. Proporcionalidad corporal 403
14.8. El método *Phantom* de proporcionalidad 404
14.9. Ontogenia humana 409
Bibliografía 419

Anexo I. Abreviaturas **425**

Anexo II **433**

Modelo de consentimiento informado (Capítulo 2) 435
Hoja de recogida de datos (Capítulo 3) 436
Patrones normales en la analítica sanguínea de una persona mayor (Capítulo 10.D) 438
Nomenclatura sobre envejecimiento (Capítulo 10.D) 439

Anexo III: Tablas de referencia **441**

Tabla A.0. Análisis estadístico del somatotipo para la comparación con un somatotipo referente 443

Tabla A.1. Valores de referencia correspondientes al promedio y desviación estándar del modelo *Phantom* 444
Tabla A.2 (1) Índices Z del modelo *Phantom* para los promedios en niños por edad 446
Tabla A.2 (2) Índices Z del modelo *Phantom* para los promedios en niñas por edad 447
Tabla A.2 (3) Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 0 y 9 años 448
Tabla A.2 (4) Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 10 y 20 años 449
Tabla A.2 (5) Ecuaciones de regresión para las variables utilizadas frecuentemente en proporcionalidad para edades comprendidas entre los 0 y los 20 años 450
Tabla A.3. Índices Z de referencia para población de raza caucasoide de países industrializados, divididos por sexo y edad 451
Tabla A.4. Estadio físico madurativo por dentición 452
Tabla A.5. Estadios madurativos de Tanner 453
Tablas del Capítulo 11. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento en los deportes olímpicos de verano 454

UNIDAD I
Introducción

Capítulo 1. REVISIÓN HISTÓRICA Y FUNDAMENTOS HISTÓRICOS DE LA CINEANTROPOMETRÍA

1. Revisión histórica y fundamentos históricos de la Cineantropometría

Francisco Esparza Ros

1.1. Introducción

Con el interés y la finalidad de conocer mejor y comprender el rendimiento, desarrollo y nutrición del *cuerpo humano en el deporte, nace la Cineantropometría. El término Kinanthropometry -Cineantropometría-*, derivado de las raíces griegas Kinein (movimiento), *Anthropos* (especie humana-hombre) y *Metrein* (medir), lo describe por primera vez William Ross en el año 1976, y sus objetivos engloban la antropometría dinámica, fisiológica y aplicada al deporte.

Ross desarrolló el concepto de cineantropometría como *la utilización de la medida en el estudio del tamaño, forma, proporción, composición y maduración del cuerpo humano, con el objetivo de un mejor conocimiento del comportamiento humano en relación al crecimiento, desarrollo y envejecimiento, la actividad física y el estado nutricional* (Ross y cols., 1988). O bien, como expresara en el año 1978 en su definición más extendida: la Cineantropometría *es el estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y función corporal, con objeto de entender el proceso del crecimiento, el ejercicio, el rendimiento deportivo y la nutrición* (Hebbelinck, 1987). Este término es de creación reciente, sin embrago, la preocupación por conocer la morfología del cuerpo y su relación con el entorno viene desde muchos siglos atrás, al mismo tiempo que se constata que al ser una ciencia multidisciplinar, se interesan por sus conocimientos y aplicación los más diversos científicos, como anatomistas, licenciados en educación física, antropólogos, psicólogos, físicos, arquitectos, ingenieros, matemáticos, médicos, biólogos y todos con el mismo interés: el conocimiento del ser humano.

1.2. Historia antigua de la cineantropometría

El término cineantropometría proviene etimológicamente del griego ***Kinein = moverse, Anthropos = especie humana y Metrein = medir.***

Históricamente, el hombre siempre ha sentido la necesidad de estudiar y clasificar el cuerpo humano en sus distintos aspectos morfológicos. De este modo, la cineantropometría tiene antecedentes tan antiguos como la propia existencia del hombre, ya sea por razones puramente materiales (selección de guerreros o trabajadores eficaces) o por consideraciones estéticas más abstractas. De este modo, el ser humano siempre se ha preocupado por la forma, proporción y composición de su propio cuerpo, sobre todo porque siempre ha intuido que la capacidad para realizar cualquier trabajo o ejercicio físico estaba íntimamente relacionada con el vínculo existente entre los diferentes tejidos de su organismo (Porta, 1995).

Tanto en el Viejo Testamento como en el Talmud Babilonio se encuentran referencias en cuanto a la forma, proporciones y estatura de la figura humana. No obedece a una simple casualidad el hecho de que unos de los castigos impuestos a Adán y Eva por su pecado fuese la reducción de su tamaño (Boyd, 1980). Tanto Bovard y Cozens (1938) como Meyers y Blesk (1962) citados por Martins y Waltortt (1999), relatan que en un tratado sobre la antigua civilización India, llamado *Silpri Sastri* se analiza el perfil morfológico del cuerpo humano dividiéndolo en 480 partes. También los griegos y los egipcios, treinta siglos antes de Cristo, estudiaron la relación entre ciertas partes del cuerpo utilizándolas como unidades de medida, de número o de simetría tales como los pies, los dedos o los codos (Velho, 1993).

Las relaciones entre el cuerpo humano y el rendimiento físico ya eran conocidas en la **antigua Grecia.** En el siglo VIII a.C. para los espartanos los ejercicios físicos tenían diferentes finalidades como la militar, disciplina cívica, endurecimiento del cuerpo o aumento de la energía física y espiritual. Estos ejercicios eran llevados a cabo tanto por hombres como por mujeres (Appelboom, 1988 y Velho, 1993). Por otro lado, la educación ateniense pretendía conseguir la *kalokagathia*, es decir la formación de un ciudadano

físicamente bello, noble y virtuoso con patrones de eficiencia educacional, fisiológica, terapéutica, estética y moral. Evidencia de todo ello sería el *Discóbolo de Myron* (Apelboom, 1988).

En torno al siglo V a.C. estudiosos como **Empédocles**, **Sócrates** e **Hipócrates** se preocuparon por las diferentes proporciones corporales y elaboraron varias clasificaciones del modelo ideal de hombre. Sócrates (470-399 a.C.) escribe lo siguiente *Es una desgracia que una persona crezca ignorando a la actividad física sin saber lo que podría llegar a ser con un cuerpo vigoroso y bien formado* (Touraglou, 1988).

A **Hipócrates** (460-365 a.C.) se debe la primera clasificación biotipológica con una base morfológica, que además se relaciona a su vez con elementos patológicos. Según Hipócrates los individuos están divididos en **tísicos** (delgados, con predominio del eje longitudinal, color pálido y de naturaleza introvertida) y **apopléticos** (musculosos, con predominio del eje transversal, de color rosado y de naturaleza extrovertida).

Policleto, escultor griego del siglo V a.C. con su obra *Doríforo* el lancero, representa la forma masculina ideal a partir de la superposición de partes anatómicas de 20 individuos. Desde entonces, su modelo se utilizó como canon artístico para las proporciones ideales del hombre (Ross, 1988; Ross y Wilson, 1974) consideran tal hecho como el primer modelo metafórico de la historia de la cineantropometría.

Arquímedes (287-212 a.C.) matemático griego, fue el creador del concepto de la proporción aplicada a las formas geométricas, cuyo principio hidrostático es utilizado en la densimetría ósea, uno de los métodos de la cineantropometría (Ross, 1988).

Durante el dominio del Imperio Romano sobre la civilización griega, a pesar de que los romanos hubiesen asimilado la cultura de estos, tenían puntos de vista diferentes en cuanto a la utilización del cuerpo humano. Para los griegos el hombre debería tener armonía de formas y proporciones, pero para los romanos el hombre debería ser fuerte y robusto teniendo como fin la formación guerrera (Velho, 1993).

Entre los siglos I y IV d.C. destacan los trabajos de **Galeno** (129-201 d.C.) el cual se inspira en Hipócrates para continuar con sus estudios. Este médico griego realizó importantes descubrimientos en anatomía, enriqueciendo los conocimientos de la época con las descripciones y disecciones de animales que realizaba públicamente. Fue calificado, junto a Hipócrates, pionero en esta disciplina. Galeno afirma que el ejercicio necesita ser adecuado según la edad, fuerza y constitución corporal (Velho, 1993).

Una vez llegada la Edad Media, la oscuridad se cierne sobre este tema, y no es hasta varios siglos después, en el Renacimiento, cuando los intelectuales vuelven a retomar estos estudios al estar preocupados por establecer un nuevo ideal de belleza.

Alrededor de 1492, **Leonardo da Vinci** refleja en uno de sus diarios el *Hombre de Vitruvio*, famoso dibujo acompañado de notas anatómicas. Representa una figura masculina desnuda en dos posiciones sobreimpresas de brazos y piernas e inscrita en un círculo y un cuadrado. Se trata de un estudio de las proporciones del cuerpo humano, realizado a partir de los textos de arquitectura de Vitruvio, arquitecto de la antigua Roma, del cual el dibujo toma su nombre. También se conoce como el *Canon de las proporciones humanas.*

Andreas Vesalius (1514-1564), anatomista y fisiólogo, fue el primero en refutar las teorías de Galeno. En 1543 con su obra titulada *De Humanis Corporis Fabrica*, grandiosa por su contenido sobre anatomía humana y calidad en la impresión gráfica, intensifica la búsqueda de las relaciones entre las diferentes estructuras humanas y sus funciones (Michels, 2000).

Alphonso Borelli (1608-1679) en 1645 publica el libro *De Motu Animalium*, donde explica el trabajo muscular en términos físicos y la utilización de los sistemas de palancas musculares.

Tanto las obras de Vesalius como las de Borelli se caracterizan por su método de observación y por la imaginación científica de sus autores, y son consideradas como las bases estatutarias de la cineantropometría (De Rose, 1984).

Evangelista Torricelli (1608-1647) que era discípulo de Galileo, trabajó sobre las presiones atmosféricas y Robert Boyle (1627-1691), cuantificó los efectos del modelo de Torricelli relacionando el volumen con la presión de los gases.

El último gran autor de la historia antigua de la cineantropometría es Lambert Adolphe **Jacques Quetelet** (1796-1874), astrónomo, matemático y antropólogo físico. Este belga fue llamado el *Padre de la Cineantropometría*. Su gran contribución a la ciencia fue la aplicación de los métodos estadísticos al estudio del ser humano, por lo que se le considera como uno de los padres de la Estadística. Trabajó sobre los conceptos de *Hombre Promedio* y *Estadística Vital*. Además, fue el creador del índice de Quetelet o índice de masa corporal (IMC) (Stigler, 1988).

1.3. Historia moderna de la cineantropometría

Los inicios del desarrollo formal de la cineantropometría moderna comienzan con el Congreso Científico Olímpico celebrado en Québec (Canadá), en 1976 con motivo de los Juegos Olímpicos de Montreal y denominado *International Congress of Physical Activity Sciences* (Chamorro, 1993). En dicho congreso se llevó a cabo un primer intento de convocar a todos los científicos, de diferentes ramas, interesados en la medición del hombre en movimiento en el *Symposium on Kinanthropometry and Ergometry* (Landry y Orban, 1978), que sería el primer simposio internacional de cineantropometría.

En tres citas posteriores (Lovaina, 1976; Glasgow, 1986; Bruselas, 1990) tuvieron lugar los congresos denominados *Kinanthropometry II, III y IV* respectivamente, de los que surgieron publicaciones con el mismo título (Ostyn, 1980; Reilly, 1986; Duquet, 1992). Al analizar el contenido de los trabajos presentados en esos congresos se observa que en su mayor parte se trata de estudios a sujetos que realizan distinto grado de actividad física y que se evalúa, junto a diferentes variables antropométricas, un amplio espectro de parámetros fisiológicos y diversos tests motores.

El *International Working Group in Kinanthropometry* (IWGK) fundado en Brasilia en 1978, y perteneciente al comité de investigación del *International Council for Sport Science and Physical Education* (ICSSPE) - organismo no gubernamental (ONG) con estatus A dentro de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, nació el 16 de noviembre de 1945), fue durante los años 1978 a 1986 el impulsor de esta novedosa rama, a cargo de la organización de los tres primeros congresos anteriormente mencionados. El 20 de julio de 1986, coincidiendo con el tercer congreso de cineantropometría *Kinanthropometry III* celebrado en Glasgow en el campus del *Jordanhill College of Education*, un grupo de 34 investigadores, entre los que se encontraba el español, Ferrán Rodríguez, decidieron crear una nueva organización independiente del ICSSPE. que se denominó ISAK (*International Society of the Advancement of Kinanthropometry*). La ISAK reemplazó a la anterior IWGK. En dicha reunión se eligió la primera cúpula ejecutiva: Jan Borms (Presidente), Gaston Beunen (Vicepresidente), Jim Day (Secretario general), Lindsay Carter, Victor Matsudo, Jana Parizkova y Otto Eiben (miembros del comité ejecutivo).

Desde entonces estos han sido los presidentes y secretarios de la ISAK:

Fecha	Presidente	Secretario
1978-1986	Jan Borms	William Ross (IWGK)
1986-1988	Jan Borms	Jim Day
1988-1992	Gaston Beunen	Jim Day
1992-1996	Alan Martin	Jim Day (92-94), Kevin Norton (97-2000)
1996-2000	J.E. Lindsay Carter	Mike Hawes (96), Kevin Norton (97-2000)
2000-2004	Mike Marfell-Jones	Kevin Norton (2000-02), Hans de Ridder (02-04)
2004-2008	Mike Marfell-Jones	Hans de Ridder
2008-2012	Hans de Ridder	Mike Marfell-Jones

Tabla 7.1. Relación de las Directivas del Comité Ejecutivo ISAK (ISAK 2009)

Desde principios de los años 80, en muchas reuniones y congresos científicos nacionales e internacionales, la cineantropometría ha constituido una sección individualizada y figuró como una de las diez áreas temáticas principales en el Congreso Olímpico celebrado en 1984 en Eugene (Oregón) con motivo de los Juegos Olímpicos de Los Ángeles (Day, 1986).

Los congresos mundiales de la ISAK que han tenido lugar hasta la actualidad son los siguientes:

1. 1976 Quebec, Canadá. Kinanthropometry I.
2. 1978 Lovaina, Bélgica. Kinanthropometry II (1980). M Ostyn, G Beunen and J Simons (Eds.). University Park Press: Baltimore.
3. 1986 Glasgow, Escocia. Kinanthropometry III. T Reilly, J Watkins and J Borms (Eds.).
4. 1990 Bruselas, Bélgica. Kinanthropometry IV. W Duquet, JAP Day (Eds). E & FN Spoon.
5. 1992. Benalmádena (Málaga), España.
6. 1994 Victoria, Canadá. Kinanthropometry V.
7. 1998 Adelaida, Australia. Kinanthropometry VI. K Norton, T Olds & J Dollman. Sexta Conferencia de la ISAK, octubre de 1998.
8. 2000 Brisbane, Australia. Kinanthropometry VII. Congreso preolímpico.
9. 2002 Manchester, Inglaterra. Kinanthropometry VIII. T. Reilly. 12ª Conferencia Internacional de Ciencias del Deporte de la Commonwealth, 19-23 julio, 2002.
10. 2004 Salónica, Grecia. Kinanthropometry IX.
11. 2006 Melbourne, Australia. Kinanthropometry X.
12. 2008 Guangzhou, China. Kinanthropometry XI (2008). P Hume, H de Ridder, A Stuart (Eds). Congreso preolímpico.
13. 2010 Cascais, Portugal. Próximo Congreso a celebrar los días 12 y 13 de noviembre.

En la celebración de estos congresos se desarrollaban diversas actividades y, entre ellas, se idearon los *Programas de Acreditación Internacional en Cineantropometría -International Anthropometry Accreditation Écheme-* (IAAS). El objeto de este programa ha sido desarrollar un sistema de formación y acreditación para estandarizar las medidas antropométricas. Para protocolizar los certificados en cineantropometría se establecieron los criterios de evaluación, comenzando en Brisbane en el año 2000, siendo revisados en 2002 en Manchester, y finalmente aprobado el sistema de manera definitiva, en el año 2004 en el congreso celebrado en Salónica.

En los programas de acreditación internacional se establecen cuatro niveles (ISAK, 2001):

- Nivel 1. Son técnicos que realizan un perfil restringido y deben hacer la toma de 17 medidas (edad, estatura, peso, 8 pliegues, 5 perímetros y 2 diámetros.)
- Nivel 2. Son técnicos que deben realizar un perfil completo, por lo que tomarán también las 22 medidas restantes. Serán 39 medidas.
- Nivel 3. Lo realizarán las personas capacitadas, con experiencia y con la finalidad de ser instructor y poder realizar cursos de nivel 1 y 2.
- Nivel 4. Sería el antropometrista criterio y son designados por acuerdo del Comité Ejecutivo de la ISAK.

Por otro lado, la ISAK también participa en proyectos a gran escala, como son Juegos Olímpicos y Campeonatos Mundiales de diferentes disciplinas, entre los que destacan:

- 1968. Olimpiadas de México. Perfiles antropométricos de los atletas de los Juegos Olímpicos de México. J.E.L. Carter, M. Hebbelinck, A. de Garay.
- 1976. Olimpiadas de Montreal. Proyecto Antropométrico de los Juegos Olímpicos de Montreal. J.E.L. Carter, G. Larivière, M. Hebbelinck, W.D. Ross, R.M. Malian, C. Bouchard, M. Yuhasz, J. Borms.
- 1991. FINA. 6° Campeonato del Mundo de natación. Perth, Australia. Proyecto cineantropométrico de deportes acuáticos. J.E.L. Carter, T.R. Ackland, J.C Mazza, W.D. Ross, M.J. Marfell-Jones.
- 2000. Olimpiadas de Sydney. Proyecto antropométrico Olímpico de Piragüismo, Canoa y Kayak. T. Ackland, D. Kerr, P. Hume, WD. Ross, K. Ong, B. Ridge, P. Broad.
- 2002. Campeonatos de Oceanía de Powerlifting - Nueva Zelanda. J. Keogh, P. Hume, S. Pearson, P. Mellow, K. Sheerin.
- 2008. River Plate Club - Buenos Aires, Argentina. F. Holway.
- 2008. Campeonato del mundo de badminton. Malasia. A. Zakaria, M. Ali, M. Razali , P. Hume, W. Png, R. Aziz.

1.4. Situación de la cineantropometría en España

En los años 70, Francisco Grande-Covián realizó investigaciones con Keys y Brozek, también aparecieron publicaciones de Bernardo Marín sobre estudios en militares y escolares (Chamorro, 1993). Igualmente lo hizó un colectivo muy importante en España y el de Antropología Física, que fundó en 1976, la Sociedad Española de Antropología Física (SEAF). Dentro de este marco, la Dra. Marrodán publica en el Boletín de la Sociedad Española de Antropología Biológica un importante trabajo donde se recogen los principales estudios realizados en España a poblaciones de diferentes comarcas españolas (Marrodán, 1987).

En el ámbito deportivo, el Dr. Carlos Bestit participa en la toma de datos de la Olimpiada de Munich, y será en 1984 cuando aparecen publicados los primeros artículos en *Archivos de Medicina del Deporte*, revista de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE), que fueron publicados por Eduardo Henrique De Rose y Maite Aragonés. Fue una serie de cuatro artículos que supuso el primer contacto con la cineantropometría para la gran mayoría de los médicos del deporte (De Rose y Aragonés, 1984).

En el año 1987 y bajo la coordinación de Ferrán Rodríguez y Teo Cabañes, se celebra en España el I Curso avanzado de Cineantropometría (Barcelona, junio de 1987), organizado por la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) y con la cooperación del Instituto Catalán de Traumatología y Medicina del Deporte (ICATME). Este curso tenía como objetivo la formación de antropometristas españoles para que difundieran por la geografía española las enseñanzas recibidas de Hebbelinck y Borms. Durante este primer curso se fundó el Grupo Español de Cineantropometría (GREC), siendo constituido por los 16 participantes, eligiendo como primer presidente a Ferrán Rodríguez, hasta 1989. Las presidencias del GREC, por orden cronológico, fueron realizadas por Francisco Esparza de 1989 a 1995, por Alicia Canda de 1995 a 2007 y, finalmente, por Mª Dolores Cabañas desde 2007 hasta la fecha.

Se celebraron reuniones posteriores para unificar criterios antropométricos y organizar la infraestructura del grupo en Valencia (1987), Barcelona (1988), Alcalá de Henares (1989) y Zaragoza (1991). Gracias a la constitución del GREC se crearon expectativas de unificación de criterios y de reciclaje en la cineantropometría, por ello comenzaron a proliferar las reuniones del grupo por toda la geografía española, así en Málaga, en abril de 1989, se constituyó el Grupo Andaluz de Cineantropometría, presidido por José Ramón Alvero.

Durante el III Congreso de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE), celebrado en Murcia en septiembre de 1989, aparece por primera vez, en el programa científico de los congresos de FEMEDE, una sesión dedicada en exclusiva a la cineantropometría, situación que se repetirá afortunadamente en los Congresos siguientes de FEMEDE, salvo alguna excepción.

Se constituyó una mesa de cineantropometría en el Congreso de Barcelona (1991), en Pamplona (1993), donde se presentó el primer libro en castellano sobre el tema, aglutinando toda la información hasta esa fecha, titulado el *Manual de Cineantropometría*. Por otra parte, fue invitado William Ross, en el Congreso Europeo de Granada (1995), siendo elegida presidenta del GREC, Alicia Cabañas. En la siguiente reunión en Valladolid (1997) fue invitado Lindsay Carter. La siguiente se celebró en Zaragoza (1999) y, con posterioridad en el Congreso de Oviedo (2001), se decidió en la asamblea del GREC, nombrar Presidente honorífico del GREC a Francisco Esparza. No pudo celebrarse una reunión monográfica de cineantropometría ni en el Congreso de FEMEDE de Las Palmas (2003), ni en Palma de Mallorca (2005), ni en Sevilla (2007) durante el XII Congreso Nacional de FEMEDE, donde cambia la presidencia del GREC a M.ª Dolores Cabañas, que ya organiza y preside el *Symposium* de cineantropometría en el XXX FIMS *World Congress of Sports Medicine* en Barcelona (2008), con la participación de Julieta Aréchiga, Luis Sardinha, Jordi Porta y Francisco Esparza.

Durante el congreso de Murcia (1989), se celebra una reunión del GREC, donde se elige el comité ejecutivo que preside Francisco Esparza y, se programa la próxima reunión y las líneas de trabajo para la cineantropometría. Con el fin de actualizar y estandarizar los conceptos antropométricos, se realizan las *I Jornadas de Estandarización del Grupo Español de Cineantropometría* (GREC), celebradas en el C.A.R. de Sant Cugat (Barcelona), en diciembre de 1989, donde participaron como ponentes José

Ramón Alvero, M.ª Teresa Aragonés, Francisco Esparza y Manuela González Santander que, junto a los artículos publicados en el año 1984 en Archivos de Medicina del Deporte, han sido prácticamente hasta 1993, las únicas fuentes de información en castellano para muchos profesionales españoles interesados en la cineantropometría, y de gran divulgación en todos los países de habla hispana.

Por los años 90, podemos decir que surge la idea de los *Cursos homologados por el GREC* como adelanto a lo que hoy son los cursos de la ISAK. Entonces se diseñan las características y requisitos de los Cursos del GREC con el fin de estandarizar los conceptos cineantropométricos por la geografía española.

Con esta iniciativa de los cursos homologados, y dentro de la línea establecida por UNISPORT de favorecer el avance en los conocimientos de las ciencias del deporte, se organizan en Málaga, durante el mes de julio de 1990, las *Jornadas Internacionales sobre Metodología Antropométrica*, bajo la dirección de José Miguel Fernández Pastor, siendo esta la primera reunión científica que aglutina los criterios para reconocerla como *curso homologado por el GREC*.

En mayo de 1990, organizado por la Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte de Barcelona, se celebra un Curso Internacional de Cineantropometría en Barcelona; intervienen Michael Hawes, Alan Martin y William Ross. Durante estos días se celebran reuniones con miembros del GREC para planificar el *Barcelona Olympic Games Anthropometry Project* (BOGAP). Con este proyecto se pretendía realizar, durante los Juegos Olímpicos de Barcelona, un estudio cineantropométrico a todos los deportistas para tener datos de referencia.

Una semana después de este curso, tiene lugar en Bruselas el *International Congress on Youth, Leisure and Physical Activity* (Congreso *Kinanthropometry IV*) de ISAK, donde asiste Francisco Esparza en representación del GREC. Durante la reunión plenaria de ISAK, se da a conocer oficialmente la creación del *Grupo Español de Cineantropometría*, como resultado del impulso de esta ciencia en la Medicina del Deporte española.

William Ross, en el mes de noviembre de 1990 y de la mano de Jordi Porta, visita diferentes ciudades españolas (Barcelona, Murcia, Córdoba) con la finalidad de planificar la estrategia de trabajo y el adiestramiento de los antropometristas españoles para la realización del BOGAP. Fue presentado en Barcelona para su aprobación en octubre de 1991, ante la Comisión Médica del Comité Olímpico Internacional (COI), siendo retrasada la resolución para su estudio y posterior decisión. Durante todo este tiempo de estudio y evaluación del proyecto, hay que agradecer y destacar el apoyo recibido por Eduardo Henrique de Rose, miembro de la Comisión Médica del COI y miembro del GREC. Finalmente, y por diferentes motivos, fundamentalmente de índole económica, el proyecto no se llevó a cabo, suponiendo una decepción para la cineantropometría española e internacional.

En este año 1991 podemos destacar la participación de Jordi Porta, miembro del GREC, en el estudio cineantropométrico realizado en el Campeonato del Mundo de Deportes Acuáticos, celebrado en Perth (Australia).

En Benalmádena (Málaga), durante el *Congreso Científico Olímpico*, organizado por UNISPORT, en julio de 1992, se celebró una reunión plenaria de ISAK considerada una de las reuniones científicas más importantes del ámbito de la cineantropometría en España.

Durante el año 1993 y como fruto del creciente interés que va adquiriendo esta joven ciencia, una nueva institución, la Fundación Valenciana de Estudios Avanzados, presidida por Santiago Grisolía, organiza en Valencia el *Simposio sobre Composición Corporal y Deporte*. Esta reunión demostraba los excelentes trabajos y líneas de investigación que existen en los diferentes grupos de trabajo españoles. Es al final de este año cuando sucede uno de los acontecimientos más relevantes de la cineantropometría, hasta el momento, en España y en el mundo hispano: surge la necesidad de recopilar la bibliografía existente y tan difícil de encontrar en aquella época, dado que no existían los ordenadores personales ni Internet para estar correctamente documentados en los estudios que se realizaran. El GREC, siendo fiel a sus objetivos, planteó desde sus inicios, escribir un libro que sirviese de base para todos aquellos que se iniciaban en esta nueva ciencia, y como fuente de consulta para los ya iniciados, llenando el espacio vacío que existía hasta ese momento en la bibliografía nacional.

Tras varias reuniones celebradas por el Comité de Redacción en Madrid, en el Centro Nacional de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deporte, se consiguió aunar esfuerzos y criterios editando el *Manual de Cineantropometría.* La consecución de este objetivo se vio favorecida por la aparición en la FEMEDE de la serie de Monografías FEMEDE, marco en el que se edita este manual, y que fue presentado y publicado el 30 de septiembre de 1993, durante la celebración del V Congreso Nacional de FEMEDE, en Pamplona.

Una fecha importante en la historia de la cineantropometría en España es septiembre de 2002. Se consigue realizar, por primera vez en España, cursos de acreditación de nivel 2 y nivel 3 de la ISAK, permitiendo que muchos antropometristas españoles se actualizaran e internacionalizaran. Para la realización de este curso, organizado en Madrid por Alicia Canda con la colaboración de Manuel Chamorro, se desplazaron a España JE Lyndsay Carter, Betty Méndez de Pérez, Francis Holways y Edgardo Rienzi. Con posterioridad, en el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC) en la Universidad de Zaragoza, se realizan acreditaciones de nuevos antropometristas, divulgándose la técnica de ISAK hasta la actualidad, aunque grandes profesionales trabajan en este ámbito con la metodología del Programa Internacional de Biología (IBP). Dicho programa fue elaborado por el *International Council of Scientific Unions* (ICSU), y recoge los procedimientos esenciales para el estudio biológico de las poblaciones humanas en el texto *Practical Human Biology* que, entre otras diferencias, realiza las mediciones antropométricas en el lado izquierdo del sujeto a evaluar.

Julio de 2007 es otra fecha importante por la presencia del presidente de la ISAK, el Profesor Mike Marfell-Jones, en la Universidad Católica San Antonio de Murcia, para realizar la reacreditación de los primeros especialistas de nivel 3 que se formaron en el año 2002. Al mismo tiempo, se realiza un curso de nivel 2. En esta reunión M.ª Dolores Cabañas, Julieta Aréchiga, de México y Francisco Esparza se acreditan como nuevos nivel 3.

En octubre de 2007 se realiza en Zaragoza otro curso para reacreditación de los niveles 3 españoles que debían hacerlo, participando como antropometrista criterio Francis Holways.

En octubre de 2007, durante el Congreso de FEMEDE celebrado en Sevilla, se produce el relevo en la presidencia del GREC, pasando a ocupar el cargo M.ª Dolores Cabañas Armesilla.

Desde la últimas reacreditaciones de la ISAK hasta la actualidad, afortunadamente han proliferado los cursos de nivel 1 y 2 para formar nuevos antropometristas. Esto es señal de la vitalidad y pujanza de esta técnica en la que, cada vez, se ven más trabajos científicos en revistas de gran índice de impacto, aumentando el número de publicaciones en estos últimos cuatro años a cerca de 5000.

Dentro de la actividad tan intensa que se está viviendo en la cineantropometría en España, en las pasadas elecciones para el Comité Ejecutivo de la ISAK, salió elegido por votación Francisco Esparza para formar parte de dicho Comité durante un periodo de cuatro años (2008-2012).

No podemos dejar de citar los grupos de investigación que de forma más intensa están trabajando en España en este momento, como el Grupo de Andalucía, donde en Málaga está al frente José Ramón Alvero, y en Córdoba y Sevilla, está al frente Francisco José Berral de la Rosa; en el País Vasco está Alfonso Angulo, en Cataluña Jordi Porta y Ferrán Rodríguez; enMurcia a Francisco Esparza y jóvenes promesas como Fernando Alacidi; en Zaragoza a Jose Luis Nieto Amada (Antropología Física); María Teresa Aragonés y José Antonio Casajús. En Madrid se encuentra el grupo más numeroso, con María Dolores Cabañas, María Dolores Marrodán (Antropología Física), Consuelo Prado (Antropología Física), Alicia Canda, Manuel Sillero, José Luis Pacheco y Ángel Herrero; entre otros; formando parte del GREC que en la actualidad está formado por 46 miembros.

Bibliografía

- Appelboom T, Rouffin C, Fierens E. Sport and medicine in ancient greece. *Am J Sports Med* 1988; Nov-Dec;16(6):594-6.

- Boyd E. *Origins of the study of human growth [dissertation].* EEUU: University of Oregon Health Sciences Center Foundation; 1980.
- Chamorro M. Antecedentes históricos de la cineantropomefría. Estandarización de las medidas antropométricas. En: Esparza F. *Manual de cineantropometría.* Pamplona: Grupo Español de Cineantropometría-FEMEDE; 1993. p. 17-33.
- Day JAP. In: *Perspectives in kinanthropometry.* The 1984 olympic scientific congress proceedings; 1984; Champaign. Champaign: Human Kinetics; 1986.
- De Rose EH, Pigatto E, De Rose RCF. *Cineantropometría, educaçao física e treinamento desportivo.* Ministerio de Educaçao e Cultura, editor. Rio de Janeiro: Fundaçao de Assistência ao Estudiante; 1984.
- De Rose EH, Aragonés MT. La Cineantropometría en la evaluación funcional del atleta. *Arch Med Dep* 1984; 1(0:45-53; 1:39-45; 2: 29-36; 3: 49-57; 4: 51-60).
- Duquet JW. In: *Kinanthropometry IV.* 21-25 May 1990; Brussels-Belgium. London: E&FN Spon; 1992.
- Esparza F. Situación y evolución de la Cineantropometría en España en la última década (1984 1993). En: *Unisport: El deporte hacia el siglo XXI.* Málaga: UNISPORT Junta de Andalucía; 1995. p. 235-241.
- Hebbelinck M, Borms J. *Kinanthropometry course for the Spanish Association of Sport Medicine. (I curso avanzado en Cineantropometría).* FEMEDE, ICATME, Barcelona. 1987.
- ISAK. *International standards for anthropometric assessment.* National Library of Australia, 2001.
- *ISAK online* [página de Internet]. [citado 10/4/2009]. Disponible en: http://www.isakonline.com/.
- Landry F, Orban WAR. In: *Biomechanics of sports and kinanthropometry. Kinanthropometry and ergometry;* 11-16 July 1976; Quebec-Canada. Miami: Symposia specialist; 1978.
- Lentini NA, Gris G, Tarantino JL, Dolce PA, Giacchino DE. EquANTHROPOS - *Software de antropometría.* 2002; www.equanthropos.com.ar. Buenos Aires, Argentina.
- Lozada BB, Chiacchio MA. Historia de la cineantropometría. *Rev Ar Med Dep* 1982; 6 (13), 103-120.
- Marrodán MD. Los estudios de crecimiento en España (1892-1988). *Bol Soc Esp Antropología Biológica.* 1987; 8:47-62.
- Michels G. Historical aspects of kinanthropometry from the ancient world to the reinassance. *Revista Brasileira de Cineantropometría* 2000;2(1):106-10.
- Ostyn M, Beunen G, Simons J. In: *Kinanthropometry II.* 10-13 July 1978; Leuven-Belgium. Baltimore: International Series on Sports Sciences. University Park Press; 1980.
- Porta J, González JM, Galiano D, Tejedo A, Prat JA. Valoración de la composición corporal. Análisis crítico y metodológico. *Parte I. Car News* 1995; Enero/ Febrero (7):4-13.
- Porta J, González JM, Galiano D, Tejedo A, Prat JA. Valoración de la composición corporal. Análisis crítico y metodológico. *Parte II. Car News* 1995; Marzo/ Abril (8):4-13.
- Reilly T. The international face of sports science through the window of the journal of sports sciences--with a special reference to kinanthropometry. *J Sports Sc* 2008 Feb 15;26(4):349-63.
- Reilly T, Watkins J, Borms J. In: *Kinanthropometry III.* 18-23 July 1986; Glasgow-Scotland. New York: E&FN Spon; 1986.
- Ross WD, Crawford SM, Kerr DA, Ward R, Bailey DA, Mirwald RM. Relationship of the body mass index with skinfolds, girths, and bone breadths in canadian men and women aged 20-70 years. *Am J Phys Anthropol* 1988 Oct;77(2):169-73.
- Ross WD, Wilson NC. A strategem for proportional growth assessment. Acta Paediatr Belg 1974; 28 suppl:169-82.
- Stewart A. Kinanthropometry - the interdisciplinary discipline. *J Sports Sci* 2007 Feb 15;25(4):373.
- Velho NM, Loureiro MBS, Pers LS, Pires Neto CS. *Antropometría: Uma revisâo histórica do periodo antigo ao contemporâneo. Movimento e Mídia na Educacâo Física Santa María:* UFSM Centro de Educaçao Física e Desportos. 1993:29-39.
- Weiner JS, Lourie JA. *Practical human biology.* Londres: Academic Press, 1981.

UNIDAD I
Introducción

Capítulo 2. CONCEPTOS BÁSICOS Y GENERALIDADES

2.1. (

e
de n
perioc
y pobl
qu s
llo l
cualq
o d s
la á
un ma
repres
mc o
ca c
rrodár

c
ca b
Espin
de
fac
de pr
Igualr
sim ll
(Ta

La
ros s
qu d
carac
un h
cár c

- Lo
- Lo
- Lo

Re
confir
res
des
último
ticos.
de

2. Conceptos básicos y generalidades

M. Dolores Cabañas Armesilla
M. Isabel Maestre López

2.1. Conceptos de crecimiento y desarrollo

Desde el momento de la concepción, el niño sufre una serie de cambios morfológicos y fisiológicos que desembocan en su transformación en un individuo adulto. El crecimiento humano se prolonga desde el periodo embrionario hasta unos años después de la pubertad, que es alcanzada por cada individuo, sexo y población a una edad variable, influido por factores genéticos y ambientales, cambios no aleatorios, sino que se producen en el contexto de dos procesos de carácter más general: **el crecimiento y el desarrollo**. El primero de estos términos hace referencia básicamente al **aumento de tamaño del organismo** o cualquiera de sus partes, pudiendo ser consecuencia de un aumento del número de células (**hiperplasia**) o de su tamaño (**hipertrofia**) o deberse a una mayor producción de matriz intercelular (**acreción**), siendo la más frecuente la acción combinada, de estos tres fenómenos. A su vez, el concepto de desarrollo con un matiz más cualitativo, implica **diferenciación y especialización** de estructuras corporales, lo que representa el progreso en el grado de organización, con el consiguiente incremento en la complejidad morfológica y funcional del organismo, que va perfeccionándose poco a poco hasta alcanzar sus plenas capacidades funcionales, es decir, va madurando (Villegas, 1999; González Montero de Espinosa y Marrodán, 2000).

Como consecuencia de todo ello en las distintas etapas de la ontogenia, se producen constantes **cambios en las proporciones y la composición corporal** de las personas (González Montero de Espinosa y Marrodán, 2003). En cualquier caso, el ritmo al que se producen los cambios a lo largo de la vida del individuo, sufre ***aceleraciones y desaceleraciones*** en función de que los diferentes ***factores de control***, de los que hablaremos más adelante, actúen, quedando reflejado en las ***curvas de progresión y/o velocidad de crecimiento***, donde podemos observar distintos puntos de inflexión. Igualmente, no todas las estructuras, los tejidos o los órganos crecen al mismo ritmo ni de manera simultánea, sino que ***cada tipo de tejido posee su propio modelo y velocidad de crecimiento*** (Tanner, 1977, 1988).

La genética implicada en el proceso de crecimiento es compleja y las interacciones entre los numerosos genes involucrados no están todavía totalmente esclarecidas. Existen estudios sobre sus efectos que demuestran que no todos estos genes tienen el mismo grado de expresión fenotípica, es decir, ***las características morfológico-cuantitativas que se utilizan para valorar el crecimiento, presentan una heredabilidad jerarquizada*** (Susanne, 1971; Sánchez-Andrés, 1995; Marrodán y cols., 1999), indicándonos que:

- Los **parámetros que se ven más afectados por la herencia son la talla y dimensiones longitudinales del organismo** y, en menor medida, los diámetros transversales como la anchura de los hombros y caderas.

- Los **perímetros de las extremidades**, que dan una idea aproximada del desarrollo muscular, parecen mostrar **menos dependencia del patrimonio genético**.

- Los **pliegues subcutáneos**, cuyo grosor indica la cantidad de tejido adiposo que recubre el organismo, es la característica que muestra menor influencia genética.

Recientes estudios sobre la ***genética del somatotipo*** (Sánchez-Andrés, 1995; Rebato y cols., 2000) confirman que los distintos componentes corporales no están igualmente condicionados por la herencia, respondiendo a los factores ambientales externos con diferente grado de plasticidad (Tabla 2.1). Así, el desarrollo del componente óseo es mucho menos modificable por el ambiente que el muscular, y este último aún menos que el adiposo. Entre estos factores ambientales externos influyen aspectos geoclimáticos, económicos y sociales, habitualmente interrelacionados y cambiantes, incluso a lo largo de la vida de un individuo.

Factores intrínsecos	Factores extrínsecos
Herencia	Alimentación
Factor racial y étnico	Aporte vitamínico suficiente
Sexo	Factor geoclimático
Factores neuroendocrinos	Entorno económico-socio-cultural
Etapa fetal:	Enfermedades agudas y crónicas
Hormona N de Albrich	Intoxicaciones
Insulina y hormonas maternas	Trastornos metabólicos
Etapa postnatal:	
Hormona tiroidea	
Hormona de crecimiento	
Andrógenos	
Estrógenos	
Hormonas hipofisarias	

Tabla 2.1. Factores que condicionan el crecimiento y el desarrollo. (Gómez de Valcárcel y cols., 1999)

Precisamente, por su gran sensibilidad frente a las condiciones del medio, el crecimiento y el desarrollo físico pueden utilizarse como un indicador fiable del grado de bienestar que disfruta una población (González Montero de Espinosa y Marrodán, 2003). El progresivo acceso a los recursos y la mejora reciente en la calidad de vida, han tenido una favorable influencia en la biología de los individuos, traduciéndose en una aceleración del crecimiento infantil. Tanner (1988) y Malina (1990) señalan que, en Europa y Estados Unidos, se ha incrementado la talla alrededor de 1 cm por década, entre finales del siglo XIX y mediados del XX donde además de países como Australia, Canadá y Japón, presentaban en promedio un aumento de 1,33 cm por década. Así pues, parece clara la tendencia generalizada al incremento de la talla de generación en generación, existiendo diferencias ente los distintos grupos o sectores sociales.

El cambio secular ha afectado al tamaño, forma, composición corporal o edad de maduración (Prado y cols., 2000; Mesa y cols., 1996; Moreno y cols., 1995), objetivándose que los niños y niñas españolas han ido aumentando su talla debido a que el *estirón* prepuberal, etapa de gran aceleración del crecimiento que precede a la pubertad, es cada vez mayor (Rosique y cols., 1998). Asimismo, se ha comprobado que la maduración sexual se ha adelantado, como lo demuestran determinadas investigaciones sobre la manifestación somática de los progresivos estadios sexuales, o relativos a la edad de la menarquia (Prado y cols., 2002, Mesa y cols., 2002; Marrodán y cols., 2000; Rebato y cols., 1995); deduciéndose que los estudios de crecimiento y desarrollo son fundamentales para conocer la evolución de una determinada población, poniéndose de manifiesto la atención que un país presta a las generaciones futuras y con el análisis de los resultados, se determina el bienestar y progreso en que se desenvuelve dicha sociedad (González Montero de Espinosa y Marrodán, 2003).

Pubertad y juventud: fases críticas del desarrollo humano

Durante dicha etapa, el organismo aumenta de tamaño, modifica sus proporciones, varía su composición corporal y adquiere la plena capacidad funcional de sus órganos y aparatos, fenómeno gradual y continuo en el que pueden delimitarse una serie de fases:

- **La primera infancia.** Desde que el niño nace hasta los 24 meses, fase de rápido crecimiento que finaliza aproximadamente con la erupción de los últimos dientes de leche.
- **La segunda infancia o niñez.** Hasta los 7 años, con retraso relativo del crecimiento longitudinal y unas diferencias sexuales mínimas para el tamaño corporal; acaba cuando las piezas decíduas o de leche son sustituidas por la dentición permanente.
- **La tercera infancia o puericia.** Desde los 7 años hasta las primeras manifestaciones de la pubertad, que tiene lugar hacia los 10 - 11 años en las niñas y entre los 12 y los 13 en los varones, comenzando con una pequeña aceleración del crecimiento longitudinal, a la que sigue una fase "*neutra*" en la que se aumenta la talla y el peso de modo lento y regular, sin que se modifiquen apreciablemente las proporciones corporales. El incremento de las dimensiones transversales marca diferencias entre los

sexos, de manera que en los niños aumenta relativamente más la cintura escapular que la pelviana (*patrón androide*), mientras que en las niñas es más notorio el aumento de la cintura pelviana (*patrón ginoide*).

- **La pubertad.** Abarca en promedio desde los 10-11 años de edad cronológica y 10,5-11 años de edad ósea, hasta los 15-16 en el sexo femenino, y desde los 12-13 años de edad cronológica o 13 de edad ósea, hasta los 16-17 años en el masculino. (González Montero de Espinosa y Marrodán, 2003), paso de la infancia a la juventud caracterizado por un crecimiento rápido estaturo-ponderal, que se acompaña de modificaciones de la composición corporal, la maduración del sistema reproductor y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. Simultáneamente, tienen lugar otros cambios de índole psicológica y emocional, que contribuyen a perfilar la personalidad del sujeto, englobado en el término **adolescencia**, matizándose en tres períodos: temprano, medio y tardío (Nelson, 17ª ed. 2006).
- **Adolescencia temprana**. En la que las velocidades de crecimiento máximas no se alcanzan hasta SMR3 ó 4. El estirón de crecimiento se produce pronto en las niñas y tardío en los varones (Tablas 2.2 y 2.3).

Estadio SMR	Vello pubiano	Mamas
1	Preadolescente	Preadolescente
2	Escaso, poco pigmentado, liso, en borde interno de los labios mayores	La mama y el pezón se elevan formando una pequeña prominencia; el diámetro areolar aumenta
3	Más oscuro, comienza a rizarse, mas abundante	La mama y la areola crecen sin un límite definido entre ambas
4	Grueso, rizado, abundante, pero en menor medida que en la mujer adulta	La areola y el pezón forman una prominencia secundaria
5	Triángulo femenino de la mujer adulta, se extiende a la cara interna de los muslos	Mama madura; el pezón sobresale y la areola está incluida en el contorno general de la mama

Tabla 2.2. Clasificación de los estadios de madurez sexual en niñas , según SMR o estadios de Tanner. De Tanner JM: *Growth at Adolescence*, 2nd ed. Oxford, UK, 1962. (Nelson, 17ª ed.)

Estadio SMR	Vello pubiano	Pene	Testículos
1	Inexistente	Preadolescente	Preadolescente
2	Escaso y largo, poco pigmentado	Ligero aumento de tamaño	Escroto aumentado de tamaño; la coloración se modifica
3	Más oscuro, comienza a rizarse, poca cantidad	Mayor longitud	Mayor tamaño
4	Grueso, rizado, se asemeja al del adulto pero en menor cantidad	Mayor tamaño; el grosor y el glande aumentan	Mayor tamaño; el escroto se hace oscuro
5	Distribución del adulto; se extiende a la cara interna de los muslos	Tamaño del adulto	Tamaño del adulto

Tabla 2.3. Clasificación de los estadios de madurez sexual en niños, según SMR o estadios de Tanner. De Tanner JM: *Growth at Adolescence*, 2nd ed. Oxford, UK, 1962. (Nelson, 17ª ed, 2006.)

- **La adolescencia intermedia.** Comprende entre los 10-15 años (Nelson, 2006), el crecimiento se acelera por encima de la velocidad prepuberal de 6-7 cm por año. En la **niña**, como promedio, **el estirón de crecimiento** alcanza su **máximo a los 11,5 años** con una velocidad máxima de 8,3 cm/año, y luego se hace más lento hasta detenerse a los 16 años. En el **niño**, el **estirón de crecimiento comienza más tarde**, como promedio alcanza su máximo a los 13,5 años con 9,5 cm/año, y luego se hace más lento hasta cesar a los 18 años, ya en la adolescencia tardía. El peso aumenta de forma paralela al crecimiento lineal, con un retraso de varios meses. El peso puberal aumenta hasta llegar aproximadamente al 40% del peso adulto. La **masa muscular** también aumenta, lo que va seguido, varios meses más tarde, por un incremento en la fuerza. **La maduración ósea guarda una estrecha correlación**

con el SMR, ya que el cierre epifisario está sometido a control androgénico. Los niños con vello pubiano en SMR3 y genitales en SMR4 tienen, generalmente, su máximo en el estirón de crecimiento, antes de la maduración ósea; las niñas en el mismo SMR generalmente han tenido ya sus máximos. La maduración sexual en la adolescencia media es espectacular; el 30% de las niñas alcanzan la menarquia en SMR3 y el 90% en SMR4. **La *menarquia* suele sobrevenir aproximadamente un año después del estirón de crecimiento.**

- **La adolescencia tardía.** Comprende desde los 17 a los 20 años, los cambios somáticos son modestos. El crecimiento longitudinal del individuo es mucho más lento. Se producen pequeños cambios en los caracteres sexuales secundarios, que finalizan hacia los 17-18 años en el 95% de los varones y mujeres. **La desaceleración de los cambios físicos** permite la instauración de una imagen corporal más estable. **El dimorfismo sexual** se mantiene ya hasta la edad adulta, en la que las diferencias de talla son en promedio de 10 o 12 cm más en el sexo masculino. En términos estadísticos, el coeficiente de correlación entre la estatura adulta y la del sujeto, al comienzo del estirón, es de 0,7 cm. ***Ello significa que, alrededor de un 30 % de la variabilidad de la talla, tanto en hombres como en mujeres, tiene su origen en la intensidad que presenta el estirón en cada individuo*** (Tanner, 1986). La mayor parte del incremento de la longitud del cuerpo en esta etapa, se debe a la aceleración del crecimiento de las piernas, que es de mayor intensidad que la del tronco (González Montero de Espinosa y Marrodán, 2003), particularmente llamativo en el sexo masculino y, finalizada la adolescencia las mujeres poseen, con respecto a su altura total, un tronco relativamente más largo que los varones. **Casi todas las dimensiones esqueléticas y musculares se ven afectadas en distinta medida**. Los hombros y las caderas también se ensanchan en ambos sexos aunque, cuantitativamente, el aumento biacromial es superior en los varones y el bicrestal en las mujeres. El motivo que subyace es que ***las células cartilaginosas de la articulación de la cadera están especializadas en responder a los estrógenos, mientras que las de la cintura escapular son particularmente sensibles a los andrógenos y, en particular, a la testosterona.***
- **La etapa post-adolescente o juvenil.** Comprendida entre los 18 y 25 años donde se reafirman las diferencias sexuales. **Las mujeres presentan** tronco rectangular, pelvis relativamente ancha con relación a los hombros y **somatotipo de tendencia endomórfica**. **Los varones** se caracterizan por un tronco trapezoidal, anchura biacromial relativamente grande con respecto a la bicrestal, y **somatotipo de tendencia mesomórfica.** Esto ocurre en la población general; en deportistas el somatotipo femenino es más androide. El sexo masculino es, en promedio, entre 10 y 12 cm más alto que las féminas y su peso supera entre 10 y 12 kg al de ellas. Asimismo, la **composición** es otra de las características que presentan mayor dimorfismo sexual; así, **los chicos presentan un peso óseo y muscular significativamente más alto que las chicas** y estas tienen un porcentaje de grasa notablemente superior.

En **resumen**, la adolescencia y la juventud constituyen un periodo clave del ciclo vital porque, tal y como hemos señalado, las modificaciones antropométricas que se producen son fundamentales. El crecimiento no se manifiesta solo en el aspecto externo, sino que se ve acompañado de cambios de orden psíquico y social que van conformando la personalidad del individuo. En la mayor parte de las ocasiones, la maduración biológica va por delante de la mental o emocional, circunstancia que debe ser comprendida y tenida en cuenta por padres, educadores y juristas.

2.2. Definición y concepto

2.2.1. Definición y concepto de Cineantropometría

La definición etimológica del término **Cineantropometría** es *la medida del hombre en movimiento*, pues deriva del griego, mediante la yuxtaposición de los siguientes términos: κινησις = Kinèsis = Movimiento, ανθρωπος = Antropos = Hombre y μετρον = Métron = Medida.

Presentada, por primera vez, como una técnica por **William Ros, en 1976**, durante el Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física, celebrado en Canadá en esta fecha. Dicho autor ya había definido el término Cineantropometría como el *estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y función corporal, con objeto de entender el proceso del crecimiento, el ejercicio, el rendimiento deportivo y la nutrición*", en un artículo publicado en 1972 en la revista científica *Kinanthropologie*, editada entre 1969 y 1974.

En un principio definida como una *interfase cuantitativa entre la anatomía y la fisiología o entre estructura y función*, y aunque los límites de esta disciplina no estaban todavía perfectamente definidos, sus objetivos engloban los que anteriormente caracterizaban la auxología, la antropología física, la antropometría dinámica, la antropometría fisiológica y la antropometría aplicada al deporte. Posteriormente es redefinida por **Ross y cols. (1990)** como... *la aplicación de la medida en el estudio del tamaño forma proporción, composición, maduración y funciones principales del ser humano. Su propósito es ayudarnos en el conocimiento del movimiento humano en el contexto del crecimiento, ejercicio, rendimiento y nutrición.*

Esta definición ha sufrido modificaciones a medida que las nuevas tecnologías eran incorporadas al estudio del cuerpo humano y se perfilaban nuevos campos de aplicación. La definición mayoritariamente aceptada actualmente de forma universal, al ser la postulada por la ISAK es la siguiente: *Cineantropometría. Especialización científica relacionada con la medición del ser humano en su múltiple variedad de perspectivas morfológicas, su aplicación al movimiento y los diversos factores que influencian al mismo, incluyendo los diferentes elementos de la composición corporal, medidas corporales, proporciones, composición, forma y maduración, habilidad motora y capacidad cardiorrespiratoria y la actividad física que incluye tanto a las de tipo recreativo como la práctica de deportes altamente especializados ISAK, 2001).*

La ISAK es una sociedad de ámbito internacional dedicada desde hace años al estudio y desarrollo de recomendaciones técnicas para la evaluación antropométrica, particularmente en atletas, al tiempo que ha evolucionado hacia su aplicación sobre la población general Norton, 2000).

La universalización de las técnicas empleadas en cineantropometría y la progresiva aplicación a distintos campos han dado origen a otras definiciones del término Cineantropometría, entre las que podemos destacar:

- *Utilización de la medida, en el estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición y maduración del cuerpo humano, con el objetivo de un mejor conocimiento del comportamiento humano en relación con el crecimiento, la actividad física y el estado nutricional* (Ross, Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física, Montreal, 1974).
- *La medición y evaluación de diferentes aspectos del movimiento humano, tales como: 1. Componentes de la estructura corporal como las medidas, las proporciones, la composición, la forma y la maduración de la misma. 2. Aptitudes motoras: funciones neuromotoras y parámetros cardiorrespiratorios. 3. Actitudes físicas: actividad física cotidiana y ejecución deportiva especializada* (Beunen, 1998).
- *Rama de las ciencias del deporte que trata de la toma de mediciones y su evaluación* (Ostyn, 1980).
- *La aplicación de la medida en el estudio del tamaño, forma, proporción, composición, maduración y funciones principales del ser humano. Su propósito es ayudarnos en el conocimiento del movimiento humano, en el contexto del crecimiento, ejercicio, rendimiento y nutrición* (Ross, Drinkwater, Bailey, Marshall y Leahy, 1980).
- *Nexo de unión cuantitativo entre la anatomía y la fisiología, o entre la estructura y la función* (Ross y Marfell-Jones, 1993).
- *Especialidad antropométrica definida como la interfase cuantitativa entre anatomía y fisiología o entre estructura y función. La cineantropometría evalúa, a través de medidas diversas, las características humanas de tamaño, forma, proporción, composición, maduración y función bruta, y estudia los problemas relacionados con el crecimiento, el ejercicio, el rendimiento y la nutrición. Se centra en el deportista como individuo y ofrece evaluación detallada de su estatus estructural en un momento determinado, facilitando la cuantificación del crecimiento diferencial y de las influencias del entrenamiento, por lo que proporciona las bases estructurales esenciales para la consideración del rendimiento deportivo* (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999).

La cineantropometría se enmarca dentro de las ramas científicas dedicadas al estudio del ser humano en un espectro más amplio. En este sentido **pertenece al campo de la Antropología Física**, ciencia encargada de profundizar en la variabilidad biológica humana, donde encontramos la Antropometría como su herramienta principal para el estudio de las variaciones morfológicas en el hombre.

2.2.2. Definición y concepto de Antropometría

El Diccionario de Lengua Española de la Real Academia Española (22ª ed., 2001) lo considera el *tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano.*

Otras acepciones encontradas son:

- *Medidas de la altura y otras dimensiones del ser humano, especialmente a diferentes edades, o en diferentes razas, ocupaciones, etc.* (*Webster´s Revised Unabridged Dictionary,* 1913).
- *Ciencia que estudia las proporciones del cuerpo humano por procedimientos de medición.* (Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas, 1954).
  - Ciencia que trata de las proporciones del cuerpo humano.
  - *Parte de la antropología o rama derivada de ésta que estudia las proporciones del cuerpo humano por procedimientos de medición aplicados, ya al hombre vivo, ya al esqueleto.*

La antropometría es una rama de la isometría y comprende la osteometría, de la cual la craneometría no es más que una aplicación. (Enciclopedia Universal Ilustrada, 1958).

La recogida sistemática y la correlación de medidas del cuerpo humano. Hoy en día es una de las técnicas principales de la Antropología Física, disciplina que tiene su origen en el S.XIX donde, estudios precoces de la evolución biológica y cultural del ser humano, estimularon el interés por la descripción sistemática de poblaciones tanto vivas como extintas. En los postreros años del final del S.XIX los bancos de datos recogidos se aplican, a menudo subjetivamente, por los científicos sociales en un intento de apoyar las teorías que asocian la raza biológica con el desarrollo cultural e intelectual. El psiquiatra y sociólogo italiano Cesare Lombroso, indagando en la evidencia física del llamado tipo criminal usó los métodos antropométricos para examinar y categorizar reclusos encarcelados. En el S.XX la aplicación de la antropometría al estudio de los tipos raciales fue reemplazada por técnicas más sofisticadas para la evaluación de las diferencias raciales. La antropometría continuó siendo una técnica apropiada, sin embargo, desarrolló un papel muy importante en la Paleoantropología, estudio del origen de la especie humana y su evolución a través de los restos fósiles. La craneometría, medida de la estructura craneal y facial, también una ciencia desarrollada en el S.XIX, asume una nueva importancia con los descubrimientos en los años setenta y ochenta de fósiles humanos y prehumanos muy anteriores a los existentes previamente. Los estudios craniométricos de los huesos faciales y cráneos prehistóricos han permitido a los antropologistas trazar los cambios graduales que ocurrieron en la forma y tamaño de la cabeza humana, al incrementarse para acomodar un mayor volumen cerebral; y como resultado, la craniometría y otras técnicas antropológicas llevaron a una reevaluación profunda de las teorías existentes donde la adopción de una postura erecta y el aumento del cerebro ocurrieron simultáneamente en el desarrollo humano. Asimismo, en sus funciones académicas, la antropometría tiene también aplicaciones comerciales. El registro de datos antropométricos ha sido utilizado por investigadores industriales para el diseño de indumentaria, especialmente uniformes militares, igualmente se ha utilizado en ingeniería para la creación de automóviles, asientos, cabinas de pilotos de aeroplanos y astronaves (*Encyclopaedia Britannica,* 1989).

- *La teoría de las medidas del cuerpo humano y de su proporcionalidad* (Diccionario De Las Ciencias Del Deporte, 1992).
- *La rama de la Antropología involucrada en las medidas comparativas del cuerpo humano* (*Stedman´s Medical Dictionary, 2004*).
- *Ciencia que estudia las proporciones del cuerpo humano por procedimientos métricos* (Diccionario terminológico de ciencias médicas, 1998).
  - Medición del cuerpo y sus partes.
  - Conjunto de técnicas de medición del cuerpo humano.
  - Tratado de las medidas del cuerpo humano. Para llegar a dominar las técnicas de medición precisa hace falta seguir un entrenamiento riguroso y ceñirse a métodos específicos. (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999).

La Antropometría en general y la Cineantropometría en particular, como cualquier otra área de la ciencia, utilizan determinadas reglas para realizar las medidas, basadas en directrices establecidas por medio de organismos tanto nacionales como internacionales.

Estos métodos de medida componen la **Técnica Antropométrica (T. An)** que se encarga de medir: peso, estatura, longitudes, perímetros, diámetros y pliegues cutáneos. Para realizar estas medidas se requiere localizar una serie de puntos anatómicos que se basan en los descritos por Ross y Marfell-Jones (1993); y que han sido reconocidos por ISAK.

Estos datos antropométricos son posteriormente procesados mediante la aplicación de diferentes ecuaciones de regresión y fórmulas estadísticas que mediante la realización de una metodología sistemática, se obtiene información sobre la composición corporal, el somatotipo y la proporcionalidad, permitiendo elaborar comparaciones en poblaciones locales y cotejarlas con grupos homólogos nacionales o internacionales.

Identificación	Especificaciones	Aplicaciones	Importancia
Cineantropometría	Estudio	Comprensión	Aplicación
Medida	Forma	Ejercicio	Educación Física
Ser humano	Proporcionalidad	Crecimiento	Medicina
	Composición	Performance (rendimiento)	

Tabla 2.4. Clasificación de los conceptos de cineantropometría

La **alometría**, del griego αλλος = Otro y μετρον = Métron = Medida, es el *estudio comparativo de las medidas* (Norton, 2000) o *cambios evolutivos en la forma o proporciones de los seres orgánicos* (*Stedman's Medical Dictionary, 2004*). Estas relaciones no son sólo importantes desde el punto de vista teórico, sino que también tienen numerosas implicaciones prácticas. Este concepto es el utilizado para asociar relaciones lineales entre los logaritmos de dos partes en seres vivos. Estos conjuntos pueden tener dimensiones de longitudes, áreas, volúmenes o masas, sin que dichas fracciones necesariamente tengan las mismas dimensiones.

La **auxiología**, del griego Auxein o Auxesis = Aumentar o Crecer y λογος = Logos = Tratado, es *el estudio sistemático del crecimiento y desarrollo del ser humano* (Ross, 1978), se considera el estudio de los procesos de crecimiento y maduración biológica como campo de trabajo dentro de la cineantropometría.

El término de **imagen corporal**, acepción que sólo la podemos definir en la conjunción de los significantes etimológicos de ambos términos, y en el sentido que nos indica la última edición vigente del Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española (22ªed., 2001). Definida en la esfera de la cineantropometría como una *construcción multidimensional que ampliamente describe las internas y subjetivas representaciones de la apariencia física y experiencia corporal.* (Cash y Pruzinsky, 1990).

Asociado a la composición corporal debemos considerar como objetivo de la ciencia que estudia el deporte llegar a una **optimización morfológica del cuerpo** para cada uno de los diferentes deportes. Este es el proceso por el cual *las demandas físicas de un deporte guían a una selección de morfotipos (tanto en su estructura como composición) óptimos para dicha práctica deportiva* (Carter, 1996).

2.2.3. Definición y concepto de Antropología

La **Antropología** es una acepción que deriva originalmente del griego mediante la unión de los vocablos ανθρωπος = Antropos = Hombre y λογος = Logos = Tratado; definida como: 1. *Estudio de la realidad humana.* 2. *Ciencia que trata de los aspectos biológicos y sociales del hombre* (Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española, 22ª ed., 2001).

Otras definiciones del término son:

- La ciencia que estudia la estructura y funciones del cuerpo humano.
- La ciencia del hombre, usada en un sentido limitado, como aquella que estudia al hombre como un objeto de la historia natural o como un organismo animal.
- La manera de expresión por la cual los escritores en un momento de inspiración atribuyen morfologías y pasiones humanas a Dios (*Webster's Revised Unabridged Dictionary*, 1913).
- Historia natural del hombre (Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas, 1998).
- Ciencia que trata del hombre.
- La voz antropología se aplica al estudio del hombre en su conjunto (como distinto del estudio del alma sola o Psicología, y del cuerpo solo o Somatología) (Enciclopedia Universal Ilustrada, 1958).

- La ciencia, literalmente estudio del hombre, que en la práctica es una de las múltiples disciplinas que conciernen a los seres humanos es, a menudo, subdividida en Antropología Física y Antropología Cultural. Se puede caracterizar como la descripción naturalista e interpretación de los diversos grupos humanos, pero ni el sujeto considerado ni los métodos de estudio son propios. La antropología difiere de la historia, como se la conoce habitualmente, no solo en la exclusión del estudio histórico de las personas, instituciones, creencias o costumbres, sino por la utilización en la mayor medida posible de observaciones directas de los seres humanos, sus actividades y sus productos antes que la documentación de los hechos; así como el análisis de los resultados de cualquiera de esos estudios como parte de un registro total de la población humana y una contribución al mejor conocimiento de los complejos procesos que envuelven al desarrollo biológico y cultural de la humanidad. Igualmente, se diferencia en su aproximación desde la fisiología y psicología en lo concerniente al individuo y sus variaciones y diferencias colectivas con respecto a la morfología y mentalidad humanas.
- La antropología estudia e interpreta las características especiales de una población en particular o de sus actividades en términos de espacio y tiempo dentro del cómputo global de la historia del hombre (Encyclopaedia Britannica, 1989).
- La rama de la ciencia involucrada en el origen y desarrollo de los humanos en todas sus relaciones físicas, sociales y culturales (Stedman´s Medical Dictionary, 2004).
- Ciencia que estudia al hombre y sus variedades raciales y culturales (Diccionario terminológico de ciencias médicas, 1998).
- Ciencia que estudia al hombre en su totalidad, tanto en lo que se refiere a su aspecto físico y biológico como a sus hábitos y costumbres (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999).

2.2.4. Definición y concepto de Antropología deportiva

La Antropología del deporte se define como: *La antropología del deporte es una especialidad de la antropología social y cultural que tiene por objeto el estudio de la actividad físico-deportiva en una perspectiva transcultural. Se caracteriza, fundamentalmente, por un enfoque comparativo, holístico y etnográfico del fenómeno deportivo. La perspectiva comparativa fomenta una atención a su diversidad en el tiempo y en el espacio. La perspectiva holística tiende a considerarlo de manera global, vinculándolo con otros aspectos de la sociedad (ecología, economía, política, religión). La perspectiva etnográfica atiende a sus detalles más cotidianos y microsociales, privilegiando como estrategia metodológica el trabajo de campo intensivo, que incluye la observación participante y entrevistas personales que recojan la visión de los propios actores, aunque obviamente pueden utilizarse también otras muchas técnicas al alcance del investigador.* (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999).

La Antropología física del deporte se define como: La *antropología física se diferencia de la biología, además de por no ocuparse de todas las especialidades de ésta, en que estudia al hombre en su conjunto, no como sujeto individual, comparando los diferentes grupos entre sí y estableciendo fundamentalmente, las diferencias que los puedan caracterizar, más que sus posibles similitudes. Por lo tanto, los estudios anatómicos, o de cualquier otra índole, que puede realizar se basarán en una anatomía comparada* (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999).

La Antropología olímpica se define como: *Especializados en la comprensión de ceremonias sociales, a menudo complejas y extravagantes, los antropólogos están acostumbrados a descubrir la lógica interna de fenómenos que para el espectador carecen de sentido unitario. Según la clásica metáfora de Lévi-Strauss, la mirada antropológica es al mismo tiempo muy lejana y muy cercana, holística y etnográfica. Las olimpiadas pueden exigir un tipo de aproximación parecido, atenta por una parte a los detalles microscópicos del cuerpo, al gesto, las reglas, las imágenes, los actores, las palabras, los símbolos y, al mismo tiempo, preocupada por las dimensiones macroscópicas del olimpismo, sus conexiones con la economía, urbanismo, la política, la cultura y* los medios (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999).

Al igual que ocurre con el término *Cineantropometría*, existen otros de uso común en todos los libros, tratados y artículos relacionados con la descripción del hombre en las ciencias de la Biomecánica y Cineantropometría que no vienen definidos en el diccionario de Lengua Española de la Real Academia Española. Esto es producto de la naturaleza fundamentalmente anglosajona, y en menor medida francesa,

del desarrollo y evolución conceptual, así como práctico de dichas ciencias, no siendo todavía aceptadas por su escasa difusión en el ámbito científico español, debido a que se circunscriben a áreas de la ciencia altamente especializadas.

2.2.5. Definición y concepto de Cineantropología

La Cineantropología, del griego κινησις = Kinèsis = Movimiento, ανθρωπσς = Antropos = Hombre y λογος = Logos = Tratado, definido como l*a ciencia o disciplina del hombre en movimiento*, acuñado por Roch Meynard en 1966 y utilizado en artículos relacionados con la Biomecánica.

La Cinesiología, del griego κινησις = Kinèsis = Movimiento y λογος = Logos = Tratado, se define como el *estudio científico del movimiento del hombre y de los movimientos de los implementos y equipos que puede emplear durante la realización de ejercicios, deporte u otra actividad física* (Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte, 1999), es un término poco utilizado en la bibliografía cineantropométrica, pero ocasionalmente se puede hallar, sobre todo, en los estudios de autores franceses o de influencia gala. Estudio fundamentalmente estructural (anatómico) de los movimientos de los seres vivos. (Anglosajones). Se define como la parte de la ciencia que estudia el sistema músculo-esquelético relacionado con los principios mecánicos aplicados al movimiento humano.

2.2.6. Definición y concepto de la Biomecánica

La Biomecánica es la ciencia de las leyes del movimiento mecánico en los sistemas vivos. Abarca en su conjunto múltiples conceptos como son:

- Biosistemas.
- Organismos íntegros como el hombre.
- Los órganos y tejidos que lo integran en su totalidad incluidos los líquidos y los gases.
- Agrupaciones de organismos. Equipo: la biomecánica analiza el cuerpo humano desde un punto de vista científico individual y formando parte del entorno, como puede ser un grupo de personas que practican el mismo juego o deporte.

Biomecánica general. Definición

Es una ciencia pluridisciplinar (físicos, biólogos, ingenieros, médicos y licenciados en ciencias de la educación física, maestros). Convergen motricistas, ergónomos, entrenadores y psicólogos.

Tecnología o conjunto de conocimientos en vez de una ciencia (Hoyos y cols., 1993). Se define como *El análisis formal y cuantitativo de las relaciones entre la estructura y la función de los tejidos vivos y la aplicación de sus resultados en el ser humano sano y enfermo.*

Se considera una rama de la bioingeniería y de la ingeniería biomédica (Özkaya N, Nordin M, 1999).

La Bioingeniería es un campo multidisciplinares el que los principios y métodos de la ingeniería, las ciencias básicas y la tecnología se aplican para diseñar, evaluar y manufacturar el equipamiento para su uso en medicina y comprender, definir y solventar problemas en fisiología y la biología.

La biomecánica utiliza las aplicaciones de la mecánica clásica para el análisis de sistemas biológicos y fisiológicos. La investigación en biomecánica tiene como objeto mejorar nuestro conocimiento de una estructura muy compleja: el cuerpo humano. Sus actividades de investigación pueden ser divididas en 3 áreas: estudios experimentales, análisis de modelos e investigación aplicada. En general, puede usarse un modelo basado en los resultados experimentales para predecir el efecto de factores ambientales y operacionales, sin recurrir a los experimentos de laboratorio.

Clasificación de los movimientos

La biomecánica permite obtener información pormenorizada de los movimientos deportivos, y cuantificar y expresar en valores numéricos las acciones deportivas.

Patrones de movimientos: una serie de movimientos anatómicos que poseen en común elementos de configuración espacial (andar, correr, saltar). Si se adaptan a deportes son *destrezas motrices* y si son ejecutadas de una forma concreta se la denomina *técnica,*

Biomecánica deportiva. Definición

1. El conocimiento del papel que juegan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte autonómico implicación neurológica, control integrado y percepción, así como su diseño integrado. Consejo Internacional para el deporte y la Educación Física, 1971. *The International council of sport science and physical education* (ICSSPE). Borms, 2008.
2. La ciencia de la coordinación de los movimientos de hombre. Escuela Soviética de Biomecánica, 1971. Leyes en la Biomecánica aplicada al ejercicio y al deporte (Domskoi y cols., 1998).
3. El análisis de los movimientos del cuerpo humano. Escuela Belga de Biomecánica, 1976.
4. La aplicación de la mecánica física en la investigación de los movimientos del deportista. (Bäumler, Schneider K, 1989).
5. La ciencia o conjunto de conocimientos asociados, orientados al estudio de los movimientos deportivos desde una perspectiva mecánica, con el objeto de mejorar el rendimiento y la seguridad, eliminando riesgos de lesión.
6. Es la utilización del método científico:
   Método:
   6.1. *La forma de llevar a cabo una acción de manera estructurada* (Delclaux, 1987).
   6.2. *El procedimiento regular explícito y repetible,* mediante el cual se alcanza un objetivo (Bunge, 1983).
7. Tratará de analizar o dar una explicación a los movimientos deportivos desde la física, lo que implica pasar de la mera formulación verbal de los hechos a utilizar un leguaje matemático.

Ámbitos de aplicación de la Biomecánica deportiva

- **Equipamiento deportivo.**
- La educación y reeducación física no patológica.
- La metodología del aprendizaje.
- El rendimiento deportivo.

Perspectivas de la biomecánica antropométrica

1. Comparar con el perfil de exigencia de *constitución física del deporte practicado.*
2. Conocer la longitud de los *segmentos implicados en la aceleración.*
3. Comparar con el perfil de exigencia de *constitución física del deporte practicado.* Una distribución de las masas en el cuerpo, nos permite una interpretación amplia de *las fuerzas medidas que surgen en la zona periférica del cuerpo.*
4. Explicar *los movimientos de rotación global del cuerpo.* Se ha de conocer la distribución de masas, con el fin de determinar momentos de inercia.
5. Descripción exacta de los giros en una articulación, indica los *momentos de inercia de alrededor.*
6. Para prever las cargas debemos de conocer *la anatomía de las articulaciones (Artrología).*

2.2.7. Definición y concepto de Fisiología

La **Fisiología** constituye el estudio de las funciones de los seres vivos. La fisiología normal estudia las funciones humanas, en general en condiciones basales, en situación de reposo.

En Medicina del ejercicio y el deporte el interés se centra en la fisiología humana en situaciones especiales, como son el trabajo o el ejercicio y, además, las modificaciones funcionales que ocurren en la altura y en la inmersión.

A aquellos cambios agudos producidos por estas situaciones especiales, se los denomina: **respuestas**, en tanto a las modificaciones estructurales o funcionales alcanzadas a largo plazo, producto del entrenamiento, se las denomina: **adaptaciones**.

Fisiología del deporte. Definición

La Fisiología del ejercicio, es una rama de la Fisiología para la que podríamos dar numerosas definiciones. Quizás, la más sencilla y descriptiva sea la siguiente: *la rama de la fisiología que estudia la función corporal mediante el ejercicio.*

La actividad física es una de las situaciones fisiológicas, en las que se requieren de forma continuada mecanismos reguladores, por ello, toda definición sobre esta disciplina debería de incluir el concepto de **homeostasis**, y esta es la definición con la que personalmente más me identifico: *Especialidad de la fisiología que se mueve en los límites de los mecanismos homeostáticos y reostáticos* (López Chicharro y cols., 2004).

El ejercicio comporta una situación caracterizada por una fuerte necesidad y consumo de energía, por lo que también tenemos que tener en cuenta aquellas definiciones más relacionadas con los términos bioenergéticos: *rama de la Fisiología que se ocupa de las adaptaciones que ocurren en los **órganos** durante situaciones de fuerte demanda de energía, encaminada a un mayor rendimiento muscular* (López Chicarro y cols., 2005). Es necesario destacar, sin lugar a dudas que es una disciplina impulsada por la necesidad de conocer el comportamiento del cuerpo humano en los límites de la actividad física, relacionándose de forma directa con la cineantropometria, sin olvidarnos que existe una respuesta fisiológica específica al ejercicio dependiente de la intensidad, duración y frecuencia, de las condiciones medioambientales y del estado fisiológico del individuo. Esto comporta un reto para los fisiólogos, difícil de superar, en el resto de ramas de la Fisiología.

2.2.8. Definición y concepto de Bioética

De acuerdo a las líneas llevadas a acabo por la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometria (Gare y cols., 1998), se dio importancia a todos los integrantes del equipo investigador, a la observación estricta de los principios éticos que deben regir la recolección de la información, por ello nos parece imprescindible que en este capítulo de definiciones se incluya la de Bioética como la *disciplina científica que estudia los aspectos éticos de la medicina y la biología en general, así como las relaciones del hombre con los restantes seres vivos* según el Diccionario de la Real Academia Española, 22ª ed., 2001. Sin embargo, aunque este término nace para el mundo científico, a partir de los trabajos del oncólogo estadounidense Van Renselaer Potter en 1970; comenzó a gestarse como proceso social a mediados del siglo XX, asociado a cambios culturales que ocurrieron en esa época (Lalas, 2002).

Los principios éticos contenidos en la Declaración de Helsinki de 1964, revisada en el año 2000, que define pautas éticas para la investigación de seres humanos, que se materializaron en nuestro caso en la obtención de un consentimiento informado donde acogiéndonos actualmente a la ley en vigor en España donde el investigador, en cumplimiento de lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre ,de Protección de Datos de Carácter Personal, conforme al Art. 5 relativo al derecho de información en la recogida de datos, se sintetizan las condiciones de participación, los objetivos del proyecto, las áreas de investigación que la integran y la posibilidad de aclarar todas las dudas generadas al respecto, incluida la de los posibles riesgos, si los hubiese, especificándole que dichos datos personales serán incluidos en ficheros informatizados, que no se otorgan a otras personas o Instituciones tanto oficiales como privadas, titularidad del investigador responsable principal, que será el destinatario de la información facilitada, con la finalidad previamente considerada, que el uso utilizado de la misma es exclusivamente para los fines mencionados, entregándosele a cada participante, tras el proceso de los datos, un informe detallado personalizado de la misma, con las observaciones y recomendaciones pertinentes, si así se crea oportuno, o por solicitud impuesta por el sujeto a estudiar.

Este acontecimiento nos ha llevado a profundizar en este campo, destacando en un apartado concreto el pertinente estudio y análisis del desarrollo del consentimiento informado general, ajustado a la legislación actual vigente en España y que deberán adecuar a cada país y legislación que vaya surgiendo y que nos queda tan distante en muchas ocasiones a los investigadores y profesionales en ciencias de la salud.

2.3. El consentimiento informado en cineantropometría

El consentimiento informado (CI) en el estudio jurídico del tratamiento médico, ocupa un lugar predominante que obliga a llamar urgentemente la atención sobre su concepto en su relación científico-sanitaria, que como ha dicho Gracia Guillén (1990), ha sufrido un profundísimo cambio en las ultimas décadas, de tal manera que la relación médico-paciente ya no funciona como antaño.

El artículo 43 de la Constitución Española de 1978, aprobada por las Cortes en Sesiones Plenarias del Congreso de los Diputados y del Senado celebradas el 31 de octubre de 1978 ratificada por el Pueblo Español en referéndum de 6 de diciembre de 1978 sancionada por S.M. El Rey D. Juan Carlos I de Borbón ante las Cortes, el 27 de diciembre de 1978, especifica la protección de la salud y el fomento del deporte y dice:

1. Se reconoce el derecho a la protección de la salud.
2. Compete a los poderes públicos organizar y tutelar la salud pública a por medio de medidas preventivas y de las prestaciones y servicios necesarios. La Ley establecerá los derechos y deberes de todos al respecto.
3. Los Poderes Públicos fomentarían la educación sanitaria, la educación física y el deporte, asimismo facilitarán la adecuada utilización del ocio.

El catálogo de derechos de los pacientes muestra como el reconocimiento del derecho a la protección de la salud implica el paso del fundamento de la relación médico-paciente desde el principio del paternalismo de autonomía (Díaz Pintos, 1993), que Gracia Guillén (1988) define siguiendo a ***Locke*** diciendo que todo ser humano posee, en principio, completa libertad para ordenar sus actos y para disponer de sus propiedades y de su persona, de acuerdo con su voluntad dentro de los límites de lo natural, sin que su decisión pueda depender de la voluntad de ninguna otra persona. Para Gracia Guillén, en el proceso del paternalismo al de autonomía han tenido una excepcional importancia las decisiones judiciales, en las que pueden distinguirse cuatro fases: primera, en la que se define la figura jurídica de la mala práctica ***(mal practice);*** segunda, la dominada por la idea de agresión ***(batery)*** como intervención en el cuerpo del enfermo sin permiso suyo; tercera **en la que se define el concepto y la figura del consentimiento informado *(informed consent),*** y cuarta, en la que el principio de autonomía del enfermo da lugar al surgimiento de los códigos de derechos de los pacientes.

Por otra parte, **el Código de Ética y Deontología Médica de 1999, en el artículo 13, apartado 5 indica que:** *el análisis científico y estadístico de los datos contenidos en las historias y la presentación con fines docentes de algunos casos concretos, pueden proporcionar informaciones muy valiosas, por lo que su publicación y uso son conformes a la deontología, siempre que se respete rigurosamente la confidencialidad y el derecho a la intimidad de los pacientes.* **El artículo 10, apartado 3, prevé el trabajo en equipo y dice:** 3. *El trabajo en equipo no impedirá que el paciente conozca cuál es el médico responsable de la atención que se le presta y que será su interlocutor principal ante el equipo asistencial.* **Demostrándose, en general,** fundamental en los grupos de investigación y en los proyectos conjuntos y coordinados entre universidades e investigadores al disponer que este no impedirá que el paciente conozca cuál es el médico que asume la responsabilidad de su atención, de modo que la responsabilidad no quede diluida en el grupo, como corrobora el artículo 34, apartado 2, que dice: *el médico respetará el ámbito de las peculiares competencias de las personas que colaboran con él. Procurará que cada miembro del grupo cumpla correctamente sus responsabilidades específicas. Cuidará de que todos, teniendo como propósito común prioritario el bien del paciente, trabajen coordinadamente dentro del equipo asistencial.* Por tanto, establece que la responsabilidad del médico no desaparece ni se diluye por el hecho de trabajar en equipo. De aquí que se especifique en la hoja de consentimiento informado (CI) de todos los proyectos de investigación efectuados en humanos y animales la especificación, en otro impreso normalizado por la administración correspondiente, de una serie de puntos dentro de un código ético autorizado por el Centro, donde figura el responsable de la investigación, detallándose los datos concretos sobre la misma a realizar, y ratificándose por el comité ético del hospital, universidad o centro de investigación correspondiente.

A este respecto ha sido elaborado en 2009, por un comité de expertos de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) una *Guía práctica del consentimiento informado en la medicina del deporte* basándose en la recopilación y análisis de los datos bibliográficos y de la normativa existente sobre consentimiento informado. Su redacción está asentada en el Convenio relativo a los Derechos Humanos y la Biomedicina, elaborado por el Consejo de Europa y aprobado por el Comité de Ministros el 19 de noviembre

de 1996, para su aplicación en el ámbito de la medicina del deporte y está cimentado en el capítulo 11 del Convenio relativo a los Derechos Humanos y la Biomedicina. El propósito ha sido elaborar un documento de consentimiento informado para utilidad de todos sus miembros que sirva de soporte documental y que garantice que la información de todo lo concerniente a patología y pruebas de evaluación e investigación sobre los deportistas sea recibida por éstos de la manera más clara posible (www.femede.es).

El consentimiento informado ha de ser un derecho de los pacientes y un deber de los profesionales médicos de ciencias de la salud.

Limitar la capacidad de autodeterminación, en cuanto facultad del individuo para decidir por sí mismo lo que le conviene, debe ser la excepción, ya que, precisamente, es en esta capacidad de crearse a sí mismo, de ser individual, donde reside su esencia diferenciadora, porque la cuestión no es cómo ser curado, sino cómo deseamos vivir. (Rovira Viñas, 2007).

2.3.1. Derechos y deberes

Según el artículo 1º del derecho a la protección de la salud, el artículo 10 de la Ley General de Sanidad (LGS) otorga a todos sus titulares los siguientes derechos entre otros:

- **A la confidencialidad de toda la información** relacionada con sus procesos y con su estancia en instituciones sanitarias públicas y privadas que colaboren con el sistema público.
- **A ser advertido** de si los procedimientos de pronósticos, diagnósticos y terapéuticos que se apliquen **pueden ser utilizados en función de un proyecto docente o de investigación** que, en ningún caso, será imprescindible la previa autorización por escrito del paciente y la aceptación por parte del médico y de la Dirección correspondiente Centro Sanitario, distinguiendo entre la información objetiva, veraz, completa y asequible que, en general, debe incluir el documento del CI, y la información específica sobre riesgos.
- **Informar al paciente,** expresándolo de la forma mas ajustada a la situación individual o, en su caso, a los familiares del mismo, siempre que ello resulte posible, con un lenguaje llano, claro y comprensible del diagnóstico de la enfermedad o lesión que padece, del pronóstico que de su tratamiento pueda esperarse, de los riesgos que del mismo, especialmente si este es quirúrgico, pueden derivarse y, finalmente, y en el caso de que los medios de que se disponga, en el lugar donde se aplica el tratamiento, puedan resultar insuficientes, debe hacerse constar tal circunstancia, de manera que, si resultase posible, pueda optar el paciente o sus familiares por el traslado a otro centro médico más adecuado.

2.3.2. Exigencias del consentimiento informado

La configuración legislativa del CI como derecho de los pacientes se consagró en la Ley 14/1986, de 25 de baril, General de Sanidad (LGS) título 1 del Sistema de Salud, capítulo 1 de los sistemas generales en el artículo 10.6 se considera como el catálogo de los derechos de los pacientes, es hoy el marco legislativo rector del derecho a la información y al CI estando obligada su obtención por parte del médico, como acto.

Proceso continuado y un acto clínico más, ambos recogidos ya en el documento final del grupo de expertos sobre la información y documentación clínica, organizado por el Ministerio de Sanidad y Consumo (1997), con la participación de los Servicios de Sanidad de las Comunidades Autónomas y del Consejo General o del Poder Judicial, con el objetivo de conseguir una visión interdisciplinar ética, jurídica y clínica, fundamentalmente desde la perspectiva de la documentación clínica.

Se trata de garantizar el conocimiento por el propio paciente de su proceso, tanto como del fin en sí mismo (derecho a la información) como para poder tomar decisiones en el curso de un tratamiento ya comenzado, incluso la de suspenderlo (revocación del consentimiento), y asegurar la colaboración necesaria del paciente o de sus terceros en aras al éxito del tratamiento (información terapéutica). Es fundamental la disposición del profesional a ampliar la información y resolver las dudas que tenga el paciente.

Junto a lo anteriormente expuesto es preciso tener en cuenta la denominada información no clínica, integrante del derecho a la protección de la salud en sus aspectos colectivo y social primordialmente, de-

recho a servicios sanitarios accesibles y derecho a conocer los requisitos necesarios para el uso (artículo 10.2 de la Ley General de Sanidad), y a la difusión de la información epidemiológica general y específica para fomentar el conocimiento detallado de los problemas de salud (artículo 18 de la misma Ley). Por tanto, es imprescindible destacar entre otras cosas que la información sea simple, aproximativa, inteligible y leal, adaptándose a la comprensión y circunstancias del paciente:

1. *La absoluta necesidad del CI: para el comienzo del tratamiento, tanto se trate del sector público como del privado.* En el derecho europeo la consagración constitucional del consentimiento se produce como reacción a la experimentación en seres humanos y a los tratamientos sanitarios obligatorios del régimen nacionalsocialista en la Constitución italiana de 1947, excediendo de la idea de consentimiento contractual, y deriva directamente de la dignidad de la persona. Solo la Ley, y por motivos razonables y graves, puede imponer un tratamiento sanitario, e incluso la Ley que lo aplique tendrá siempre un límite impuesto por el respeto a la persona. La ley que exceda este límite será inconstitucional y, por tanto, nula.
2. *Que el derecho del paciente a la autodeterminación* no comprende solo la simple expresión del consentimiento, sino también, como expresión de la libertad, el deber de información previa al consentimiento, lo que supone la consagración del concepto de CI. En la jurisprudencia norteamericana la evolución se explica en la Sentencia Berkey contra Anderson, dictada por el Tribunal de los Ángeles en 1961.
3. *Que la información no quede circunscrita a un momento preciso*, el previo a la obtención del consentimiento, sino que es un derecho-deber que se satisface continuadamente, a lo largo de todo el tratamiento.
4. *La información terapéutica es un proceso fundamentalmente verbal continuo en el tiempo.* Se diferencia del CI y en que es fundamentalmente escrito, aunque existen sentencias que aplican el matiz del complemento verbal.
5. *Su ausencia determina un obrar antijurídico* por parte del médico (Marín Correa, 1996). Pero como observa Martínez Pereda en nuestro derecho, se trata de un derecho absoluto, de la personalidad, con apoyo constitucional en la dignidad y en la libertad de la persona (Pelayo González Torre A, 1997).

2.3.3. Regulación legal

La reciente introducción del principio de autonomía como criterio formal rector en las relaciones sanitarias, potenciada jurídicamente desde que entrara en vigor la Ley 41/2002 de 14 de noviembre, Básica Reguladora de la Autonomía y los derechos del paciente, está transformando radicalmente la prestación de los servicios sanitarios ya que viene a alterar no solo el equilibrio tradicional de las obligaciones y derechos recíprocos entre el usuario y el personal sanitario, sino también la praxis cotidiana de dicha relación.

Por otra parte las exigencias del nuevo marco legal y su efecto transformador de la relación con el paciente son particularmente notorias en el procedimiento en el que se formaliza el consentimiento informado, mediante protocolos de una extraordinaria complejidad y disparidad que, en ocasiones, dan lugar a situaciones de auténtica inseguridad jurídica (Abellán, 2008).

El artículo 10 de la LGS 14/1986, distingue las tres manifestaciones del deber de información:

A. Información no clínica. Todos tienen derecho *a la información sobre los servicios sanitarios a los que acceder y sobre los requisitos necesarios para su uso* (artículo 10.2).ç

B. Consentimiento informado. Todos tienen derecho *a la libre elección* entre las opciones que le presente el responsable médico de su caso, siendo preciso el previo consentimiento escrito del usuario para la realización de cualquier intervención, exceptúen los siguientes casos (artículo 10.6):

   C.1. Cuando la no intervención suponga un riesgo para la salud pública.
   C.2. Cuando no está capacitado para tomar decisiones, en cuyo caso el derecho corresponderá a sus familiares o personas a él allegadas.
   C.3. Cuando la urgencia no permita demoras por poderse ocasionar lesiones irreversibles o existir peligro de fallecimiento.

2.3.4. Pacientes menores e incapaces

El artículo 10.6 de la LGS se refiere al usuario, y solo cuando no esté capacitado para tomar decisiones, a los familiares o allegados, que en el caso de de menores e incapacitados, sería el representante legal del mismo, según las reglas del derecho civil. También el menor o incapacitado con suficiente juicio, aunque su opinión será tomada en cuenta en consideración como un factor que será tanto más determinante en función de su edad y su grado de madurez.

Sólo será válido el CI emitido por uno de los padres, pero en caso de separación o divorcio, el que tenga la patria potestad y si existiera una discrepancia entre los padres, el juez atribuye la facultad de decidir.

2.3.5. En caso de ensayos clínicos

Se encuentra regulado en el artículo 12 del Real Decreto 561/1993, que establece:

1. Es imprescindible que el sujeto otorgue libremente su consentimiento informado antes de poder ser incluido en un ensayo clínico.
2. Todas las personas implicadas en un ensayo clínico evitarán cualquier influencia sobre el sujeto participante en el mismo.
3. El CI es el procedimiento que garantiza que el sujeto ha expresado voluntariamente su intención de participar en un ensayo clínico, después de haber comprendido la información que se le ha dado acerca de los objetivos del estudio, beneficios, incomodidades y riesgos previstos, alternativas posibles, derechos y responsabilidades, tal y como se exigen en el Anexo II, (Modelo de consentimiento informado). El documento de CI Anexo II, (Modelo de consentimiento informado) acredita que dicho consentimiento ha sido otorgado.
4. El CI será por escrito en aquellos ensayos sin interés terapéutico particular para el sujeto.
5. El CI en el caso de sujetos menores de edad o incapaces será otorgado siempre por escrito por su representante legal Anexo II, (Modelo de consentimiento informado) tras haber recibido y comprendido la información mencionada, pero si tiene 12 o mas años, deberá prestar además su consentimiento para participar en el ensayo, tras haberle dado toda la información pertinente adaptada a su nivel de entendimiento. Serán puestos ambos en conocimiento del Ministerio Fiscal u oportuno en cada caso y periodo legislativo actual.

2.4. Requisitos formales del consentimiento informado

1. Datos (Nombre y apellidos) del paciente.
2. Datos (Nombre y apellidos) del médico o investigador que informa, y que no tiene que ser necesariamente el mismo que realiza el procedimiento.
3. Nombre del procedimiento de investigación o terapéutico con explicación breve y sencilla del objetivo y la forma en que se va a llevar a cabo.
4. Descripción de los beneficios del procedimiento a corto, medio y largo plazo
5. Descripción de los procedimientos alternativos con sus riesgos, molestias y efectos secundarios respectivos.
6. Descripción de riesgos típicos, molestias y efectos secundarios posibles incluyendo tanto los leves y frecuentes como graves y los raros.
7. Descripción de consecuencias.
8. Descripción de riesgos personalizados sobre lo explicado en los apartados anteriores.
9. Descripción de molestias probables.
10. Alternativas al procedimiento, teniendo en cuenta que el no hacer nada es siempre una alternativa a valorar.
11. Declaración por parte del paciente de haber recibido la información.
12. Declaración por parte del paciente de estar satisfecho con ella y haber aclarado sus dudas, recibidas, al menos, 24 h antes del procedimiento.
13. Fecha y firma del médico y del paciente, y si es menor, cuando a juicio del médico o investigador tenga la suficiente madurez para comprender el alcance y los riesgos de la intervención en los términos ya estudiados.

14. Apartado del representante legal (si fuera necesario).
15. Apartado para el investigador responsable en caso de grupos de investigación.
16. Apartado para la revocación del consentimiento.
17. El documento debe extenderse por duplicado, uno para el paciente y otro para el historial.
18. Se deberá informar sobre los cambios que pueda experimentar la información inicial.
19. En aquellos casos en que el paciente se niegue a ser informado, se reflejará en la historia clínica junto con la firma de un testigo, especificando fecha y hora.
20. Cuando tras informar al paciente este se niega a firmar, tanto la autorización como la no autorización, deberá firmar un testigo. En este caso, se dejará libertad al paciente para decidir otro tipo de asistencia o solicitar la opinión de otro profesional y, en el caso de que decidiera ser atendido en otro centro, deberá solicitar y firmar el alta voluntaria, que será también firmada por el médico responsable de su asistencia. En el caso de que el paciente se negara a hacerlo será la dirección del centro asistencial quien firme el alta voluntaria.
21. Si la firma del CI correspondiera a los padres o representantes legales del paciente y se negaran a ello, se pondrá en conocimiento de la dirección del centro y se hará constar en la historia clínica del paciente por si fuera necesaria la autorización de los tribunales competentes.

En el proceso de información ha de prevalecer el clima de colaboración sobre el de obligación de cumplimentar un trámite. No podemos caer en el error y señalar que un peligro potencial es considerar incompetentes a aquellas personas que deciden en sentido contrario a nuestra opinión. Esto puede llevar a realizar juicios equivocados sobre su competencia (Martínez García, 2006)

2.5. Excepciones para la obtención del consentimiento informado

Existen algunas circunstancias en las que no es preciso la ejecución del tramite de un CI.

1. Cuando la ausencia de intervención suponga un riesgo para la salud pública.
2. Ante una urgencia que no permita demoras por existir peligro de fallecimiento o ante la posibilidad de que la no actuación conduzca a lesiones irreversibles. En este caso podrá ser firmado por el familiar más cercano o allegado y, de no existir, se hará constar en la historia clínica.
3. Cuando el procedimiento venga dictado por orden judicial.

Bibliografía

- Abellán JC. *La praxis del consentimiento informado en la relación sanitaria. Aspectos biojurídicos*. Editorial Panamericana. 2008.
- Aguado Jodar X. *La Biomecánica ¿Hacia dónde vamos?*. Brizuela G. *Las Herramientas de la Biomecánica y algunas de sus aplicaciones al deporte de rendimiento*. En: Campos J, coordinador. Biomecánica y Deporte. España. Ayuntamiento de Valencia. 2001. 1:17-46.
- Bäeumler M, Schneider J, Kaufmann U Electron paramagnetic resonance identification of the SbGa heteroantisite defect in GaAs:Sb. Phys Rev 1989. B 39, 6253-6256.
- Beunen G, Malina RM. *Growth and biological maturation: relevante to athletic performance. The child and adolescent athlete. Encyclopaedia of Sports Medicine*. Oxford: Oxford Blackwell Scientific Publications. 1998. vol. 6.
- Borms J. Directory of Sport Science, 5th Edition. The Changing Face of "ICSSPE", a look back at the history of the organisation. 2008.
- Bunge M. Paradigmas y revoluciones en ciencia y técnica. Fundación Gustavo Bueno. 1983.
- Carter JEL. y cols. *Antropométrica* Editores Norton K.; Olds T. Ed en español Mazza JC. 1996. 24-67.
- Código de Ética y Deontología Médica. Organización Médica Colegial española, Comisión Central de Deontología, Derecho Médico y Visado. 1999 Comprobado el 18 de febrero de 2003.
- De Rose EH, Aragonés MT. La cineantropometría en la evaluación funcional del atleta.*Arch. Med. Deporte*; 1984. 1,4: 51-60.

- De Rose EH, Turra JR, Guimaraes AC, Gaya AD. Composiçao corporal do jogador de fútbol. *Med. Esporte*; 1974 1,2: 77-79.
- De Tanner JM. Growth at Adolescence, 2nd ed. Oxford, UK, 1962. En: *Nelson. Tratado de Pediatría.* Behrman RE, Jenson HB, Kliegman RM. Masson. Barcelona. España. 15ªed. 2004.
- Díaz Pintos G. Autonomía y paternalismo. Servicio Publicaciones Universidad Castilla-La Mancha. Cuenca, 1993.
- *Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española.* Madrid. 22ªed. Espasa Calpe. Madrid. España. 2001.
- *Diccionario de las Ciencias del Deporte.*Traducción al español del *Wörterbuch der Sportwissenschaft.* Beyer F, Becker H, Carl K, Kayser D, Aquesolo JA, Rodado P, García C. Málaga; Unisport. Junta de Andalucía. España. 1992.
- *Diccionario de siglas, acrónimos y abreviaturas medicas y su significado en las diferentes especialidades.* Martín Lázaro J, Rubí Cervino J. Zugarto ediciones, SA. Madrid. España. 2004.
- *Diccionario Médico Ingles-Español/ Español –Ingles. Terminología. Abreviaturas y dibujos anatómicos.* Editores Médicos S.A. 2003.
- *Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte.* Paidotribo. 1999.
- *Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas.* Masson. 1998.
- *Dictionary of the Sport and Exercise Sciences.* Anshel MH, Freedson P, Haywood K, Hamill J, Horvat M. Plowman, S.A. Champaign, IL: Human Kinetics. 1991.
- Donskoi D, Zatsiorski V. Biomecánica de los ejercicios físicos: manual. La Habana : Pueblo y Educación. 1988.
- *Encyclopaedia Britannica* .Goetz PN. (ed.). Chicago. 1989.
- *Enciclopedia Universal Ilustrada.* Ed Salvat. 1958.
- *Encyclopaedia of Sports Sciences and Medicine.* Larson LA. Ed. The McMillan Company. New York. 1971.
- FEMEDE. www.femede.es/publicaciones/documentosfemede/guía práctica del consentimiento informado en la medicina del deporte.
- Gare Ch, Olds T, Carter L., Norton K. *Accreditationin antropometry,* National Sport Research Center. Australia Sport Commission. 1998.
- Gómez de Valcárcel F, Ballester Herrera MA, Carbajo Botella ML. Valoración del crecimiento y desarrollo. En: *Valoración del deportista. Aspectos biomecánicos y funcionales.* 1ª ed. FEMEDE. Pamplona. España. 1999; 4:2. 85-94.
- González Montero de Espinosa M, Marrodán MD, Moreno S, Pérez Magdaleno A. El crecimiento de los españoles al principio del siglo XX: Antropometría en las colonias escolares del Museo Pedagógico Nacional. En: Caro Dobón L, Rodríguez otero H, Sánchez Compadre E, López Martínez B, Blanco MJ. *Tendencias actuales de la Antropología Física Española.* 2000. 675-683.
- González Montero de Espinosa M, Marrodán MD. *Crecimiento y dieta. Hábitos de los jóvenes españoles.* SM. Barcelona. España. 2003.
- Gracia Guillén, D. Historia de la ética medica. En: *Ética y medicina.* Francisco Vilar (coordinador). Madrid. Espasa Universidad. 1988.
- Gracia Guillén D. Responsabilidad ética y responsabilidad jurídica del personal sanitario, (1990). Madrid. 1992. Instituto Nacional de la Salud.
- Guerrero Zaplana J. *El consentimiento informado: su valoración en la jurisprudencia.* Valladolid. Lex Nova. 2004. 42-185.
- htpp//www.icsspe.org/index.
- Hoyos JV, Vera P, Prat J, Biosca E. Introducción a la biomecánica. En: *Biomecánica de lamarcha normal y patológica.* Valencia; Instituto Biomecánico de Valencia (IBV); 1993.
- *International Standards for Anthropometric Assessment.* International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2001.
- Lalas SF. *Temas de Bioética.* Editorial Universitaria S.A. Santiago de Chile. 2002.
- Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad. Titulo 1 del sistema de salud. Cap 1. de los sistemas generales. Apartado 4. España.
- Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD). España.
- López Chicharro J, López Mulas J, López Mojares J. *Actualizaciones en fisiología del ejercicio.* ESM. SL. Madrid. 2004.
- López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 2ª ed. ESM. SL. Madrid. 2005. 1: 1-15.
- Lorenzo R. *El consentimiento informado en dermatología.* Editores Médicos. Madrid. 2000. 15-112.
- Lorenzo R, Pérez Piqueras J. *El consentimiento informado en patología digestiva.* Abbott Laboratories S.L. Madrid. 1998. 13-90.
- Marín Correa JM. Los valores fundamentales en la relación de trabajo. AL.1997. Nº 48.

- Malina RM. Rechearch on Secular Trends in Auxiology. *Anthropologischer Angeizer.* 1990; 3: 209-227.
- Martínez García JM. *La Problemática del consentimiento informado.* Medical Economics. Spanish Publisher Associates, S.L. Ed española Feb 2006. 12-13.
- Marrodán MD, Mesa MS, Sánchez-Andrés A, Ibáñez MV. Análisis de parámetros antropológicos en niños españoles de la Sierra de Gredos (Ávila): Influencias ambientales. *Est. Antropol. Biol.* 1995. Vol. VI: 171-190.
- Marrodán MD, Mesa MS, Arechiga J, Perez-Magdaleno A. Trend in menarcheal age in Spain: rural and urban comparison during a recent period. *Annals of Human Biology* . May-Jun; 2000. 27(3):313-319. http//www.tandf.co.uk/journals.
- Mesa MS, Marrodán MD, Fuster V. *Transformación socioeconómica en España y su impacto sobre el crecimiento infantil y juvenil.* Línea 300. Ed. Complutense. Madrid. 2002.
- Mesa MS, Sánchez-Andrés A, Marrodan MD, Martin J, Fuster V. Body composition of rural and urban children from the central region of Spain. *Ann Hum Biol.* May-Jun; 1996. 23 (3): 203-212.
- Moreno L, Mur L, Fleta J. Aceleración secular del crecimiento y de la composición corporal en adolescentes de Zaragoza. En: Nieto JL, y Moreno L. *Avances en Antropología ecológica y genética.* Universidad de Zaragoza. 1995; 195-201.
- Nelson, Behrman RE, Jenson HB, Kliegman RM. *Tratado de Pediatría.* Masson. Barcelona España.17ª ed 2006.
- Nordin M, Frankel HV. Introducción a la biomecánica: terminología básica del sistema musculoesqueletico. En: *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético.* 3ª Ed. Madrid. McGraw Hill, Interamericana. 2004. 1: 3-23.
- Norton K, Whittingham N, Carter JEL, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. In: Norton K y Olds T (Eds.). Anthropometrica. UNSW Press. Sydney. 2000
- Ostyn M, Beunen G, Simons J. Kinanthropometry II. International Series on Sports Sciences. University Park Press, Baltimore.1980. 9, p: 3-27.
- Özkaya N, Nordin M. *Fundamentals of Biomechanics Equilibrium. M and Deformation* 2nd.ed. New York. Springer-Verlag. 1999.
- Pelayo González Torre A. *La intervención jurídica de la actividad médica: el consentimiento informado.* Dykinson. Madrid. España. 1997.
- Prado C, De Juan, Díaz A, Marrodán MD, Pérez B. Age at menarche in a marginal Spanish gipsy population. IX Internacional Congres of Auxiology. Acta Médica Auxiológica. *International Journal of Human Developmental Sciences.* 2000.
- Prado C, Jiménez JM, Rubén M. La edad de menarquia y aparición de caracteres sexuales secundarios: cambio secular en población cubana (1972-2000). Revista Española de Antropología Biológica 2002; 23:57-64.
- Rebato Ochoa E, Salces I, Rosique García J, San Martín L, Susanne C. Análisis of Sibiling Resemblance in Anthropometric Somatotipe Components". *Annals of Human Biology.* 2000; 71: 277-293.
- Rebato Ochoa E, Rosique García J. *Empleo de métodos multivariados en el estudio de los patrones de distribución de grasa: análisis de los componentes principales.* Enfermería Científica; 1995. 81-84; 158-159.
- Rosique J, Rebato E, Salces I, San Martín L, Vinagre A. Estudio antropológico sobre la distribución de la grasa subcutánea en niños y jóvenes obesos. *Cuadernos de Antropología y Etnología.* Zainak. 1998; 16: 73-82.
- Ross WD. Anthropometry before 1900. En: *Kinanthreport.* ISAK. 2000; XIII; 1: 11-17.
- Ross WD, Marfell-Jones M. Cineantropometría. En: Duncan MJ. *Evaluación fisiológica del deportista.* Paidotribo. Barcelona. 1993.
- Ross WD, Drinkwater DT, Bailey DA, Marshall GR, Leahy RM. Kinanthropometry. Traditions and new perspectives. En: Ostyn, M.; Beunen, G.; Simons, J. ed. *Kinanthropometry II. International series on sports sciences.* University Park Press, Baltimore. 1980. 9, p: 3-27.
- Ross WD, Ward R, Leahy RM, Day JAP. Proportionality of Montreal Athletes. En: Carter JEL. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project.* Medicine and Sport. Basel. Karger. 1982; 16: 81-106.
- Ross WD. Kinanthropometry: An emerging scientific technology. In: Landry, F.; Orban, W. Biomechanics of sport and kinanthropometry Symposia specialists, Miami. 1978; 6:269-282.
- Ross WD, Brown SR, Hebbelinck M, Faulkner RA. Kinanthropometry, terminology and landmarks. In: Shepard, R.J.; Lavallee, H. *Physical fitness assessment.* Springfield: Charles C. Thomas Publishers; 1978. p: 44-50.
- Rovira Viñas A. Autonomía personal y tratamiento médico. Una aproximación constitucional al consentimiento informado. 2007.
- Sánchez-Andrés A. Genetic and environmental Influences on Somathtype Components: Family Study in a Spanish Population. *Human Biology* 1995. 67: 727-738.
- Sánchez Caro J. Consentimiento informado y salud Colegio Oficial de Médicos de las Islas Baleares. España. 2004.1- 33.

- Sánchez Caro J. *Consentimiento informado problemas y soluciones*. Jornadas sobre la responsabilidad civil y penal de los médicos. Madrid. España.
- Sánchez Caro J, Abellán F. Investigaciones biomédicas en España. Aspectos bioéticos, jurídicos y científicos. 2008.
- *Stedman's Medical Dictionary for the Health Professions and Nursing, Illustrated.* Lippincott Williams & Wilkins. 2004.
- Susanne C. Heredité des caracteres anthropologiques mensurables. *Bulletin et Memoires de la Societé d'Anthropologie de Paris*, 1971; 7(Serie XII): 169-224.
- Tanner JM. *El hombre antes del hombre. El crecimiento físico desde la concepción a la madurez*. Fondo de Cultura Económica de México. 1986.
- Tanner JM. Human growth and constitution. In: Harrison GA, Werner JS. *Human Biology, 3ª ed*. Oxford University Press, Oxford. 1988.
- Tanner JM, Whitehouse RH. The Harpenden anthropometer: a counter-type anthropometric caliper. *Am. J. Phys. Anthrop.* 1995; 15 (2): 277-28.
- Villegas García JA. Crecimiento. Influencias hormonales, proporcionalidad y curvas.En:. *Niño, adolescente y deporte, Ortopedia y Traumatología*. Monografías FEMEDE, 1ª ed. 1990. p. 29-38.
- *Webster´s Revised Unabridged Dictionary.* 1913.

UNIDAD II
Técnica antropométrica

Capítulo 3. INTRODUCCIÓN DE LA TÉCNICA ANTROPOMÉTRICA

3.1. In

...oc
tra: a
adecu
verdac
y c s:
• el
me
• Las
• as
...e
• Las
ar

Sel
diante
exc s
aju ac

El r
me a
En t
trabajc
y la je
ca ul

Las
1. re
lic
intr
2. Co
al
3. xa
un
co
4. al

La
sic c
do: oc
ciencia
pomet
loc z
y c e
pomet
Es ñ
De rl

3. Introducción de la técnica antropométrica. Método. Medidas antropométricas. Puntos anatómicos

M. Dolores Cabañas Armesilla
M. Isabel Maestre López
Ángel Herrero de Lucas

3.1. Introducción de la técnica antropométrica

Todo trabajo de investigación requiere una sistemática bien definida, adecuada al proyecto a realizar; tras la consulta detenida y exhaustiva de la bibliografía disponible, con el fin de determinar la técnica más adecuada para lograr los objetivos de su planteamiento, exigiendo un máximo rigor para constituir un verdadero trabajo científico. Para ello, es necesario que esta reúna una serie de criterios (Moreno Aznar y cols., 1999):

- Debe evaluarse cuidadosamente la respetabilidad y validez de cualquier técnica potencial, especialmente cuando se trata de analizar individuos en edades infanto-juveniles.
- Las exploraciones previstas tienen que ser aplicables tanto a población sana como enferma.
- Las alteraciones en la distribución de algunas variables, pueden afectar la utilidad de las mediciones mediante algunas técnicas.
- Las técnicas empleadas deben ser no invasivas, rápidas, baratas y aplicables a los estudios de campo.

Seleccionada la técnica, es necesario establecer un método de trabajo previo a su aplicación, mediante la confección de un protocolo donde queden perfectamente reflejados los criterios de inclusión y exclusión de los individuos, las variables apropiadas al estudio que se va a realizar y el análisis estadístico ajustado a las mismas.

El método antropométrico es engañosamente sencillo. Uno de los fundamentos básicos de la antropometría es la **calidad de la medida antropométrica**, que se optimiza minimizando el error de la medida *Error técnico de medida* (ETM). (Ross y cols., 1978). Esto exige dos facetas importantes en el método de trabajo: el uso de material preciso y homologado, que debe ser calibrado de forma periódica y sistemática; y la ejecución de una impecable técnica de medida. Ambos aspectos serán tratados ampliamente en otro capítulo de este compendio.

Las cuatro características que deben definir la calidad de la medida son:

1. **Precisión**: referida a la consistencia de la medida realizada por un mismo observador. Una baja variabilidad en la medida corresponde a una alta precisión. La precisión se controla mediante el ETM o error intraobservador (ETM intra o intraevaluador).
2. **Confiabilidad.** Es el coeficiente de correlación entre series sucesivas tomadas en el mismo sujeto. Se calcula con el Coeficiente de correlación intraclase (CCI).
3. **Exactitud.** Indica el grado de coincidencia de la medida observada, con la *verdadera* o realizada por un experto o evaluador criterio (en cineantropometría: antropometrista que no comete errores sistemáticos, Nivel 3 o Nivel 4 de la ISAK). Se calcula mediante el ETM o error intraobservador.
4. **Validez**. Es el grado en que una medición refleja realmente la característica perseguida.

La antropometría, como cualquier otra rama de la ciencia, precisa de unas reglas particulares básicas de medida que conformen un método de trabajo estándar. Estos parámetros serán los establecidos por cuerpos normativos o sociedades nacionales e internacionales específicas en esta área de la ciencia, como son los establecidos por la **Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría** (**ISAK**, *The International Society for the Advancement of Kinanthropometry*), basadas en las localizaciones antropométricas y descripciones establecidas por W. Ross y M. Marfell–Jones (1991) y que se desarrolla a partir de su precursor, el **Grupo de Trabajo Internacional sobre Cineantropometría** (**IWGK**, *International Working Group on Kinanthropometry)*, siendo aceptadas por el **Grupo Español de Cineantropometría** (**GREC**), integrado en la actualidad en la Federación de Medicina del Deporte (FEMEDE).

La exposición de la ciencia cineantropométrica plantea aspectos metodológicos generales que intentaremos clarificar en esta Unidad II *Técnica antropométrica* de este libro.

- Técnicas de medición.
  - Descripción de la técnica antropométrica.
  - Material para mediciones antropométricas.
  - Puntos anatómicos de referencia.
  - Medidas antropométricas analizadas.
  - Diseño de fichas de trabajo.
- Muestra poblacional (véase capítulo 5).
  - Definición de los sujetos estudiados.
  - Especificación de las técnicas de muestreo para los individuos investigados.
- Metodología estadística (véase capítulo 6).
  - Métodos estadísticos descriptivos e inferenciales de aplicación general.
  - Certificación de las variables estudiadas y válidas para el sistema estadístico utilizado (Doménech, 1982).

3.2. Método. Evolución de la estandarización de las medidas

Durante los dos últimos siglos se realizaron varios intentos de estandarización de las técnicas de medida. Pero fue en Ginebra (1912) cuando se estableció un conjunto de 49 variables, que fueron consideradas útiles en la valoración antropométrica. En los años 60, la Comisión de Antropometría-Fisiología de la *International Union of Biological Sciences* (IUBS) creó un subcomité encargado del crecimiento humano, que publicó incialmente una "lista básica" de 21 medidas que todo estudio debía realizar y una "lista completa" de 17 medidas más. Dentro de "otras mediciones", se recogían 18 medidas adicionales para estudios muy concretos (Sillero Quintana, 2005).

3.3. Medidas antropométricas. Protocolo de medición

En la medición antropométrica de un individuo se sigue un perfil y metodología estándares que incluye el núcleo de localizaciones corporales más frecuentemente utilizadas, y que permiten establecer comparaciones con otras poblaciones de estudio equivalentes, tanto a escala local, como nacional o internacional. Generalmente este núcleo de medidas incluye los puntos antropométricos empleados en la monitorización y control de la forma física de los deportistas, así como los puntos que distintos estudios han utilizado, demostrando ser predictores del estado de salud en la población general. La mayoría de los estudios antropométricos expresan dichas medidas en el sistema métrico decimal.

La variabilidad en las técnicas de medición y el error de medida del propio observador exigen el mayor rigor científico, ya sea en el método de medida, como en la técnica en sí. Seleccionando puntos de medida fiables, puntos de referencia corporal universalmente aceptados, y utilizando las técnicas de medida estandarizadas se realizará una medición con gran precisión y exactitud, válida y con gran confiabilidad.

La evaluación precisa de las medidas antropométricas, con especial mención para los pliegues cutáneos, reviste cierta dificultad; por tanto, se requiere un cuidado extremo al ejecutarlas. La descripción del protocolo de medida parece muy simple, pero es esencial una gran destreza técnica para obtener resultados consistentes, especialmente en trabajos de campo, siendo para un antropometrista experto de unos 30 min. y para uno inexperto, o en determinadas poblaciones, de una hora o más.

La fiabilidad y reproductibilidad de los resultados obtenidos será máxima en tanto en cuanto se consiga reducir o anular los errores sistemáticos y aleatorios. Para ello, es preciso observar fielmente los protocolos estándares siendo necesario contar con la ayuda de un colaborador con el fin de minimizar dicho error. A ser posible este ayudante será otro antropometrista o tendrá unos mínimos conocimientos del protocolo y técnicas de medición a seguir. Se debe recordar que el evaluador y el ayudante (o en su defecto, anotador) trabajan en equipo *troika* corrigiendo verbalmente la posición de la cinta métrica en algunas mediciones, como por ejemplo el perímetro de la cintura o cadera. El objetivo es verificar la exactitud de

los puntos de la medición y asegurar la secuencia correcta de obtención de datos. Para minimizar el riesgo de error en la trascripción de la medida dictada por el antropometrista, el anotador debe repetir en voz alta el valor que está registrando en la proforma o ficha antropométrica, permitiendo entonces al evaluador realizar un control inmediato. Se deben realizar dos mediciones como mínimo, mejor tres mediciones consecutivas sobre cada una de las localizaciones anatómicas contempladas en el protocolo, y aceptar como dato válido la media de las tres mediciones, para reducir así los errores aleatorios, ya que, por definición, la fiabilidad de un resultado es la fiabilidad de uno de ellos cualquiera, cuando se mide una sola vez la variable. En algunos sujetos las mediciones pueden repetirse hasta cuatro veces. Si son dos se utiliza el valor promedio, si son más se calcula la mediana para el análisis de datos (véase capítulo 4 y Anexo III).

Hemos considerado interesante mostrar una serie de apartados que desarrollaremos a continuación, sobre los cambios sufridos por los protocolos de medida, la forma de conocer la técnica y dominarla mínimamente, explicando los pequeños detalles sobre el registro correcto de los datos, y la forma de hacer lo más cómoda posible la exploración al sujeto estudiado, todo ello orientado a optimizar la calidad de la medida y garantizar la validez del estudio.

3.3.1. Elección de protocolos de medida

Tras una amplia consulta de la bibliografía disponible, recomendamos aplicar la técnica antropométrica basándonos fundamentalmente en las recomendaciones del *International Working Group of Kinanthropometry* (IWGK de la ISAK), por medio de su Manual 2001, Antropométrica de Norton y Olds (2000) y el Grupo Español de Cineantropometría (GREC), reflejada en su *Manual de Cineantropometría*, editado en 1993 y reeditado en 1999. La razón por la que nos basamos para utilizar las directrices de la ISAK se debe al trabajo desarrollado por esta sociedad internacional que lleva investigando varios años específicamente en el desarrollo y mejora de las técnicas de medida antropométricas en deportistas; ofrece un espectro para aplicaciones más amplias sobre la población general, que proyecta la técnica hacia numerosos campos de investigación, como se mostrará en la unidad III y IV de este compendio.

3.3.2. Aprendizaje de la técnica de medida

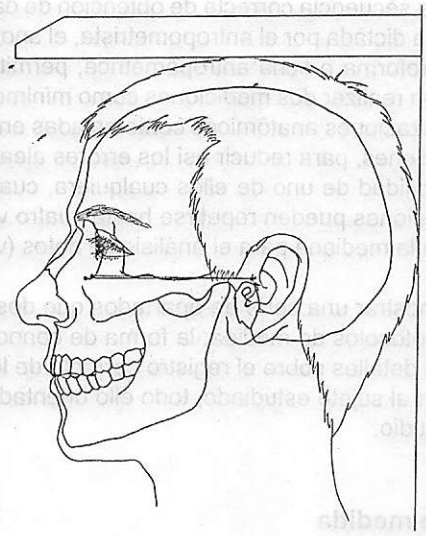
Una vez definidos los criterios de medida, técnicas e instrumental a emplear (véase capítulo 4), se procede al aprendizaje de la técnica, observando los siguientes aspectos:

- Elaboración de fichas de trabajo antropométricas preliminares según las referencias encontradas en la bibliografía y adaptadas al estudio en cuestión.
- Medición de los parámetros inicialmente seleccionados en un número suficiente de voluntarios con independencia de la edad y el sexo, bajo la supervisión de un antropometrista experto. Para alcanzar una adecuada técnica de medición se pueden realizar los cursos de acreditación de la ISAK, clasificados en niveles de 1 a 4 según se van alcanzando niveles de capacitación, aunque no es imprescindible.
- Corrección de los errores cometidos tras la autocrítica y examen de estos, dirigido por personal experto.
- Determinación del error técnico de medida, para validar las medidas (véase capítulo 4).
- Elaboración de las fichas de trabajo definitivas, introduciendo las medidas intra y extra observador recomendadas por el GREC y la ISAK, así como algunos aspectos específicos en relación con las características particulares de la muestra.

El sujeto de estudio

Todo sujeto de estudio sometido a un protocolo de medidas antropométricas debe previamente ser informado de la naturaleza y propósito del estudio, así como de las medidas que se van a obtener y la metodología utilizada para ello. Todo esto se hará de una forma sencilla y clara para que pueda ser entendido correctamente por la persona evaluada, y/o por su representante legal en caso de un menor; ambos podrán preguntar todas las dudas relacionadas con el mismo debiendo ser satisfactoriamente resueltas. Una vez recibida la información (oral y escrita) y comprendida, el individuo debe firmar un documento doble de *Consentimiento Informado* previo, a cualquier obtención de medidas siguiendo la normativa vigente en cada país (véase capítulo 2, apartado 2.3).

Figura 3.1. Posición antropométrica



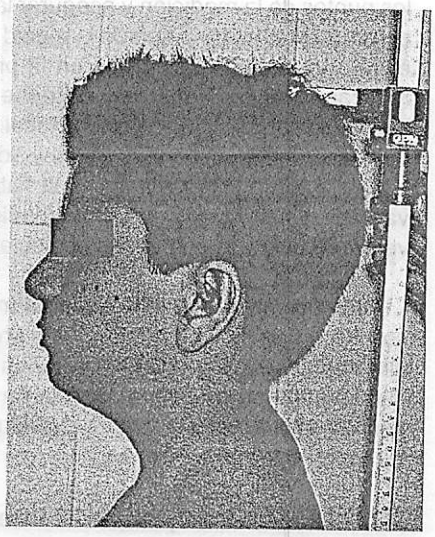


Figura 3.2.
Plano de Frankfort. Vértex

Para comenzar las mediciones el sujeto a evaluar se colocará en una **posición antropométrica** (Figura 3.1) o postura erecta; con el cuerpo relajado y perpendicular al plano de sustentación o suelo, la mirada dirigida al horizonte, la cabeza situada en plano de Frankfort (alineamiento del margen inferior de la orbita ocular, punto infraorbitario y el cartílago auricular: trago) (Figura 3.2), extremidades superiores suspendidas confortablemente a lo largo del cuerpo, manos extendidas con los dedos dirigidos hacia abajo y los pulgares alejados del cuerpo, las palmas mirando a los muslos y los pies ligeramente separados, con los talones juntos y los dedos ligeramente separados (más o menos 45°). En el caso de algunas medidas, la postura del sujeto debe modificarse. Estas excepciones serán comentadas en la descripción de cada medida que lo requiera.

Para que la *troika* minimice el riesgo de errores por cansancio, incomodidad o incluso pudor se debe, realizar la toma de medidas en un ambiente confortable, respetando las normas éticas de comportamiento. Por ello, es necesario habilitar un espacio adecuado. La sala debe ser amplia, ventilada, limpia y protegida de miradas exteriores, siendo muy aconsejable la luz natural junto a la ausencia de ruidos, convenientemente climatizada (con calefacción y/o aire acondicionado) encontrándonos entre los 22° y 24°C, que controlaremos con un termómetro portátil (Figura 3.3).

Para realizar las medidas del modo más eficiente y rápido, se debe explicar a los sujetos que deben portar la menor cantidad de ropa posible, respetando siempre, y especialmente en el caso de los jóvenes adolescentes, su sentido del pudor. Se recomienda bañador tipo *slip* o pantalón corto deportivo en el caso de los niños, y traje de baño de dos piezas o *top* con o sin pantalón deportivo en el caso de las niñas, comprobando que no deforman o comprimen la piel.

El sujeto deberá estar descalzo sobre un suelo firme, si es posible de madera, o calcetines que se retirarán al realizar mediciones puntuales como la talla o altura, o las propias del tobillo y del pie.

El antropometrista debe crearse un espacio amplio alrededor del sujeto de estudio para moverse libremente con comodidad alrededor del mismo, y con el instrumental preparado y calibrado con fácil disponibilidad, lo que evitará el error en la medición y acortará el tiempo de su ejecución, además de realizarla de forma agradable, siempre respetando la proximidad o distancia al evaluado.

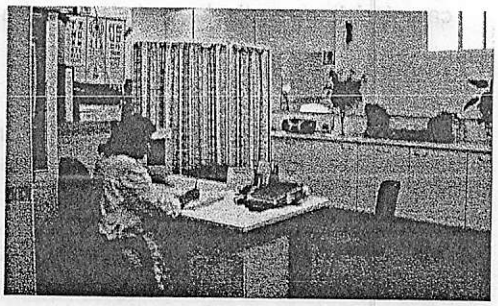


Figura 3.3. Sala de regocida de datos

Registro de datos

Idealmente, la recolección de datos debería incluir un evaluador y un ayudante acreditado por las razones expuestas anteriormente, pero en los grandes estudios se puede utilizar un equipo de antropometristas preparados para que la recolección de los datos sea más expeditiva.

Con el fin de evitar la fatiga del antropometrista y la perdida de tiempo en movimientos innecesarios, la secuencia de las marcas y medidas antropométricas seguirá un orden lógico craneo-caudal, tomando en primer lugar las medidas que se realizan sobre la posición antropométrica descrita anteriormente; en segundo lugar las que se realizan con el sujeto sentado. Deberá ordenarse de manera que se reduzcan al mínimo el número de cambios de posición del sujeto estudiado, ejecutándose sin brusquedad y con la colaboración del antropometrista. Es imprescindible, señalar la importancia de permanecer en la posición que se indique en cada una de las mediciones por parte del evaluado para evitar errores en la misma.

Se deberán de tomar las medidas en el lado derecho del cuerpo siguiendo la escuela canadiense, de EEUU y del GREC, tal y como se acordó en 1968, independientemente del lado predominante del sujeto de estudio.

Solo en el caso de estudios donde se busquen posibles asimetrías, o donde influya la lateralidad (ejemplo, estudios del brazo de un tenista o la pierna de disparo de un futbolista), deberán tomarse en ambos lados (Sillero, 2005).

Antes de comenzar la medición se deberán realizar las marcas necesarias con forma de cruz, usando un lápiz demográfico en los puntos anatómicos o antropométricos que servirán de referencia para permitir la toma posterior de medidas, siempre guardando una distancia respetuosa con el estudiado, siguiendo las normas éticas de comportamiento.

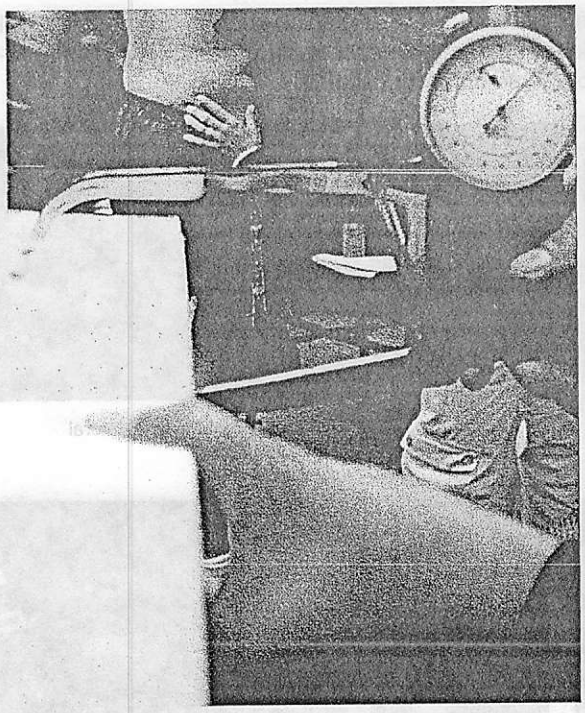


Figura 3.4. Calibración del lipocalibre previa a la medición

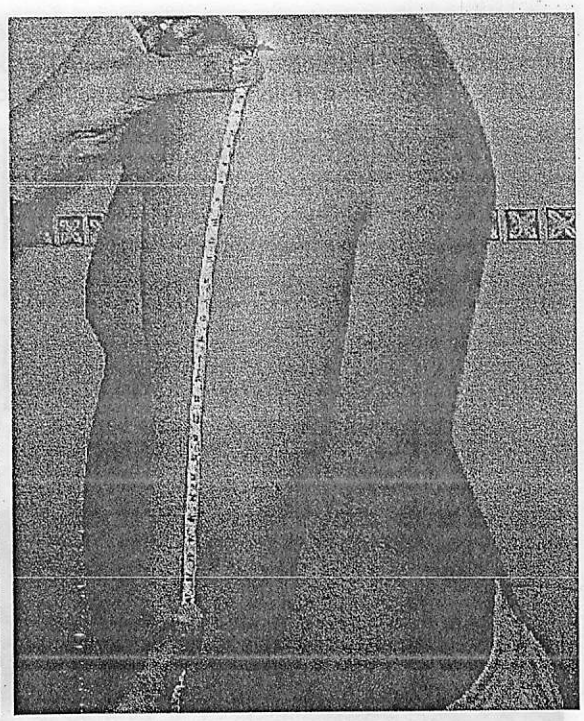


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **a.** Longitud del brazo

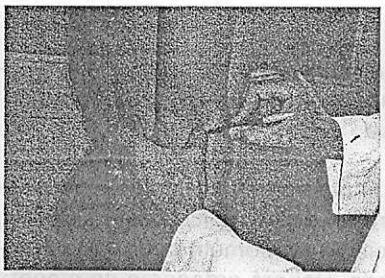


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **b.** Punto radial

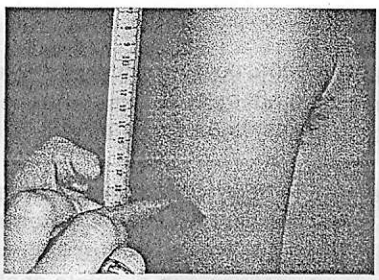


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **c.** Punto medial del brazo

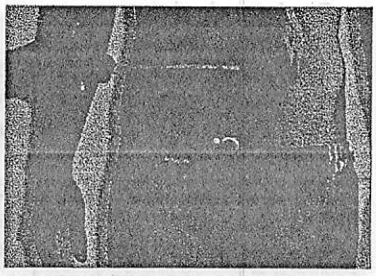


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **d.** Marcaje del punto abdominal

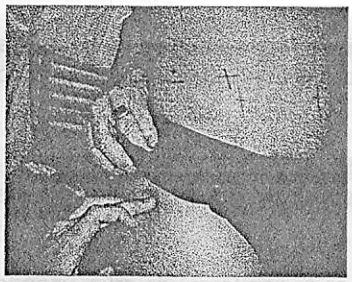


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **e.** Localización del punto trocantéreo

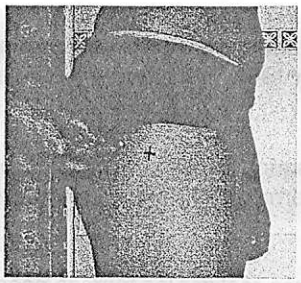


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **f.** Punto trocantéreo

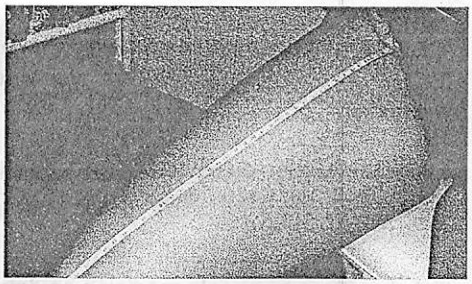


Figura 3.5. Localización de algunos puntos antropométricos. **g.** Longitud del muslo para localizar el punto medio anterior del mismo

Los cambios de posición del sujeto estudiado se realizarán sin brusquedad y con la colaboración del antropometrista. El estudiado sólo permanecerá con la ropa de estudio el tiempo necesario para su mediación. Si la espera se prolonga, se le permitirá protegerse del frío y calzarse.

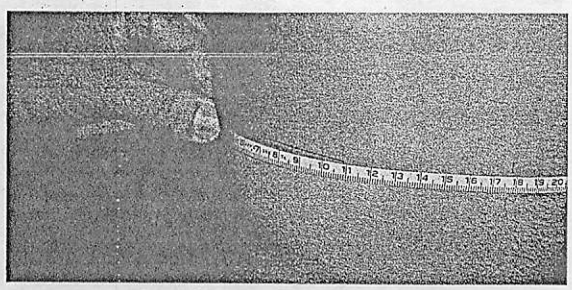


Figura 3.6.a. Localización del punto *Iliocristale*

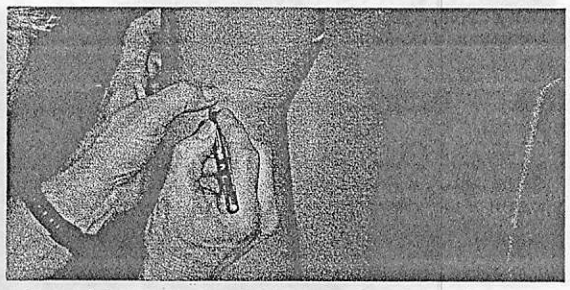


Figura 3.7. Localización del punto tibial lateral

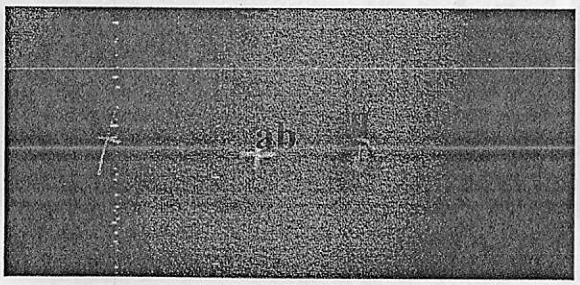


Figura 3.6.b. Punto *Iliocristale. Abdominale y Umbilicale*

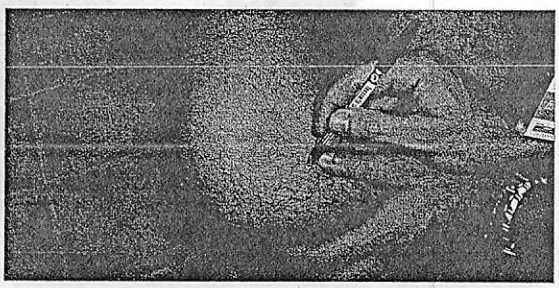


Figura 3.8. Localización del punto tibial medial

Los instrumentos de medida se calibrarán antes de comenzar cada estudio y de realizar la medición en cada sujeto, se manipularán con la mano derecha y se aplicarán con suavidad sobre la piel, en aquella zona de tejido blando que cubre las marcas óseas (véase Figura 3.4).

En estudios con mediciones periódicas a lo largo del tiempo, se tendrá en cuenta la hora del día en que se toman las medidas. Asimismo, el día del ciclo menstrual en el caso de la mujer. Se recomienda realizarlas por la mañana y a la misma hora.

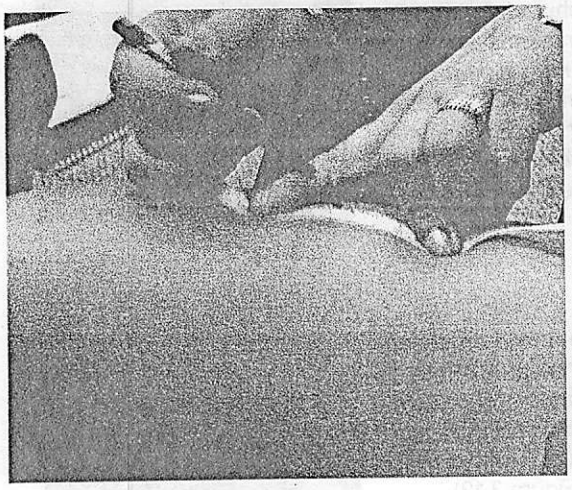


Figura 3.9. Marcación del punto medio del muslo

Figura 3.10. La manipulación de los instrumentos de medida debe ser delicada y con la mano derecha. Pliege pantorrilla medial

Material antropométrico

Una de las razones del desarrollo y rápida difusión de la cineantropometría como sistema de investigación se debe al bajo precio de los instrumentos necesarios para elaborar una medida y análisis, con respecto a otras tecnologías. Sin embargo, no se debe confundir éste hecho con la impresión de que es válido cualquier tipo de material para obtener medidas fiables. El material antropométrico debe reunir una serie de requisitos imprescindibles: sencillo en el manejo, preciso en las determinaciones métricas, y homologado (véase Figura 3.11).

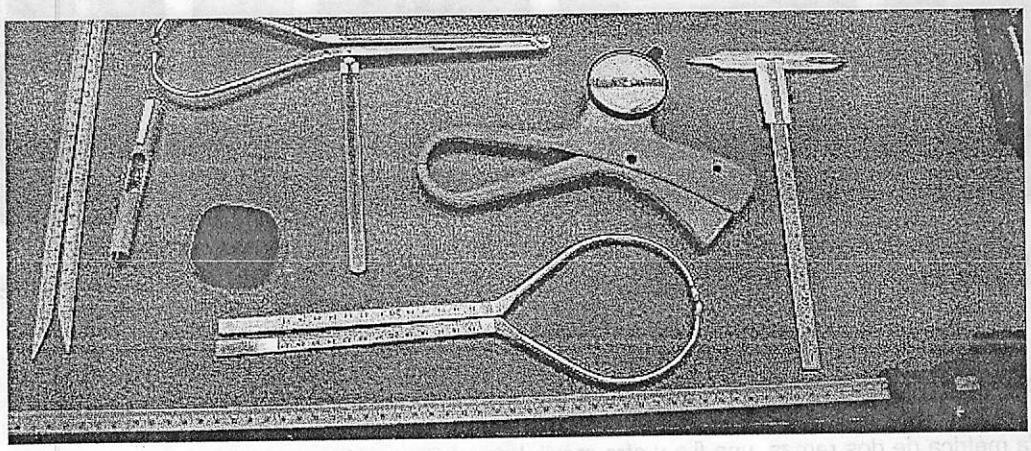


Figura 3.11. Material antropométrico

Cinta antropométrica

Se emplea para medir perímetros o circunferencias, para la localización del punto medio entre dos puntos anatómicos y situar el punto para la medición de ciertos pliegues cutáneos como el bicipital y el tricipital (Figura 3.5. a y c) del miembro superior y el del muslo en el miembro inferior (Figura 3.5. g y 3.9). Consiste en una escala métrica de 3 metros de largo, mejor en negro sobre amarillo, calibrada en centímetros y graduada en milímetros, flexible, de anchura inferior a 7 mm, con un espacio sin graduar antes del cero de, al menos, 3 cm que servirá para su mejor manejo y con escala de fácil lectura. Su precisión debe ser de 1 mm (Figura 3.15.a). Debe ser metálica o no elástica, para evitar la deformación de la misma con el uso e impedir la consecuente distorsión de la medida; debido a un sistema de retracción automática para introducirse dentro de una cubierta protectora, que mantenga una tensión constante y permita un fácil manejo.

Tallímetro o estadiómetro

Se emplea para medir la talla en bipedestación y la talla en sedestación del sujeto de estudio. Consta de una escala métrica de 1 mm de precisión, apoyada sobre un plano vertical, que se inserta perpendicularmente sobre una base horizontal, y dispone de una pieza horizontal de, al menos, 6 cm de ancho, deslizable sobre la barra vertical para permitir el contacto con la parte superior de la cabeza o vértex (Figura 3.12).

Debe situarse sobre una plataforma de madera que sirva como base del antropómetro y para nivelar el suelo. Se calibrará periódicamente mediante la comprobación, con otra cinta métrica, de la distancia entre la horizontal y los diferentes niveles del cursor deslizante. Existen tallímetros adaptados a algunos tipos de balanzas (Figura 3.13. c y d), pero es más conveniente tenerlo fijo e independiente de la misma ya que la plataforma de la báscula puede sufrir ligeros desplazamientos, según el peso del sujeto, que desvirtuarían la medida de la longitud del individuo, dificultando el registro de la talla en sedestación (véase Figura 3.31).

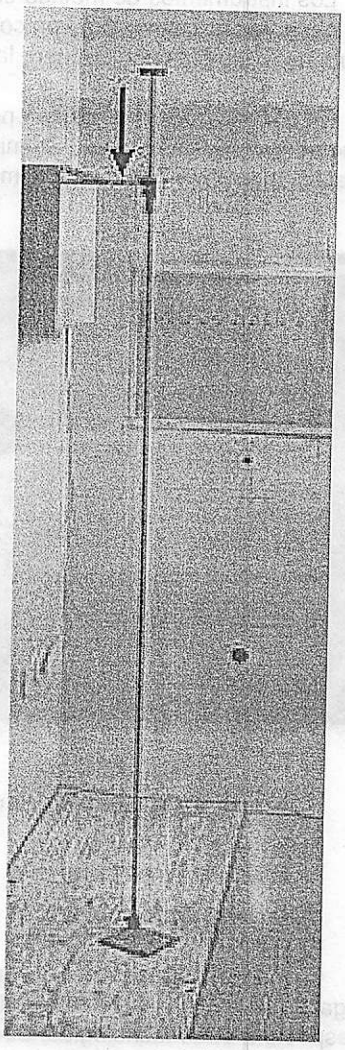


Figura 3.12. Tallímetro

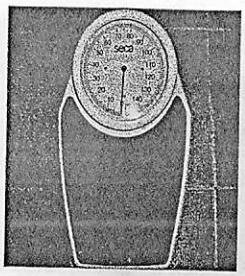


Figura 3.13.a.
Báscula de muelle

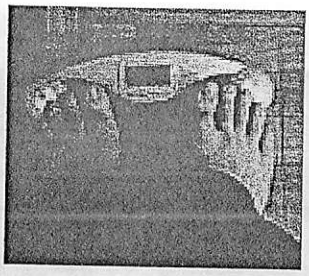


Figura 3.13.b.
Báscula electrónica

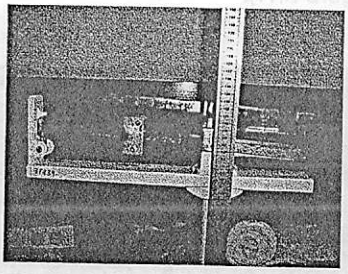


Figura 3.13.c.
Balanza con pesas

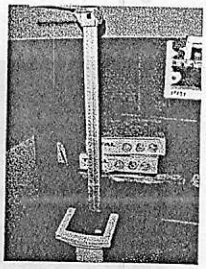


Figura 3.13.d.
Báscula etectrónica
con tallímetro

Antropómetro

Escala métrica de dos ramas, una fija y otra móvil. Las ramas pueden ser rectas o curvas con olivas. Su precisión es de 1 mm. Se utiliza para medir los segmentos corporales de forma proyectada tomando la distancia entre dos medidas, o como calibrador de ramas rectas. Mide segmentos corporales de ma-

nera directa, como grandes diámetros y alturas verticales con respecto a la base de sustentación o suelo, superficie de apoyo en la posición de sentado y alturas verticales entre puntos anatómicos. Sustituyendo las ramas rectas por las ramas curvas se emplea para medir el diámetro antero-posterior del tórax (Figura 3.23.c, 3.17 y 3.19).

El antropómetro Siber-Hegner GPM (Figura 3.13.e, f) consta de cuatro secciones de 50 cm que se insertan entre sí, pudiendo medir longitudes de 2100 cm, tiene una precisión de 1 mm. Además, posee aditamentos especiales, como ramas rectas y curvas intercambiables, que se le añaden para tomar diámetros grandes (Figura 3.41).

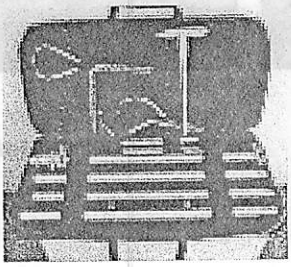


Figura 3.13.e. Antropómetro Siber-Hegner GPM dentro de su estuche

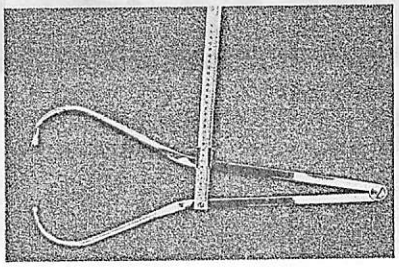


Figura 3.13.f. Compás de corredera de ramas curvas

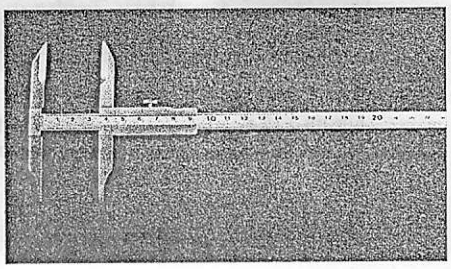


Figura 3.13.g. Calibre de ramas rectas

El compás de corredera de ramas curvas (Figura 3.13.b y 3.46.b) se utiliza para medir diámetros pequeños, tiene puntas de oliva y mide de 0-200 mm. El calibre de ramas rectas (Figuras 3.13.c y 3.18), con dos terminaciones en puntas romas y puntas afiladas, mide de 0-205 mm. Se usa para medir diámetros pequeños y la altura al maléolo lateral peroneal.

Báscula o balanza

Se emplea para obtener el peso corporal total del sujeto de estudio. En realidad, mide la fuerza con que somos atraídos por la tierra y no la masa corporal propiamente dicha. Sin embargo, se acepta por convenio que representa esta misma masa corporal. Tradicionalmente se han empleado con pesas y con una precisión cercana a los 100 gramos. (Figura 3.13.c).

Cuando las pesadas se han realizado en campo, fuera de laboratorios o salas óptimas para realizar mediciones, se han utilizado, aunque no son recomendables, básculas de muelle con una precisión de 500 g (Figura 3.13.a). Actualmente las básculas electrónicas (Figura 3.13.b) están sustituyendo a las de muelle, ya que su exactitud es igual o superior, siempre que se mantenga una calibración adecuada; la precisión de las primeras alcanza los 50 g. Las básculas utilizadas deben estar homologadas y tener una capacidad para sostener al menos 120 kg.

Plicómetro (calibre de pliegues cutáneos, lipómetro o espesímetro o lipocalibre)

Se emplea para medir panículo adiposo. Se trata de un compás que se utiliza para abarcar entre sus ramas el espesor de un pliegue cutáneo, ejerciendo entre las mismas una presión constante de 10 g/mm² para cualquier apertura. El rango de medida que abarca es de 0 a 48 mm. Aproximadamente con una precisión de 0,2 mm, para Harpender y Holtainm, pudiéndose realizar lecturas por interpolación de 0,1 mm (véase Figuras 3.10 y 3.14). Sin embargo, para Slimguide y Lange la precisión es de 0,5 mm (Figura 3.15).

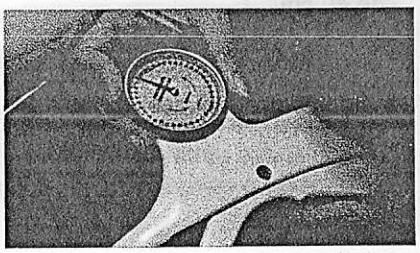


Figura 3.14. Calibración previa del plicómetro

Paquímetro

El paquímetro o compás de diámetros óseos pequeños (Figura 3.15. b). Es de corredera graduado, con dos ramas de 50 mm de profundidad. Su rango de medida es de 0 a 250 mm y 1 mm de precisión, para Rosscraft, Holtain y calibres adaptados.

Figura 3.15.a.
Cinta métrica

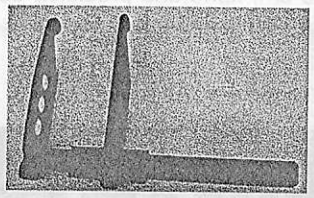


Figura 3.15.b.
Paquímetro

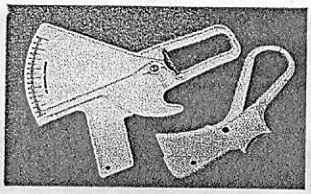


Figura 3.15.c.
Plicómetros

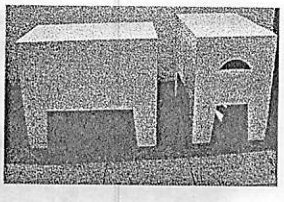


Figura 3.15.d.
Bancos de antropometría

Segmómetro o cinta Lufkin

El segmómetro (Figura 3.16. a y b) está constituido por una escala métrica con dos ramas, una fija y otra móvil. Las ramas son rectas y tienen una longitud aproximada de 70 mm. Se diseñó para sustituir al antropómetro, aunque es totalmente inadecuado para medir diámetros óseos grandes o largos. Se utiliza para medir las longitudes directas, a partir de las distancias entre dos puntos anatómicos de referencia (Figura 3.20).

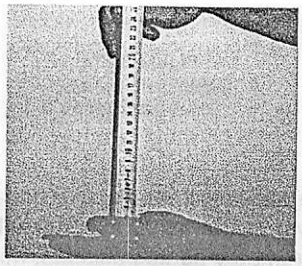


Figura 3.16.a.
Segmómetro

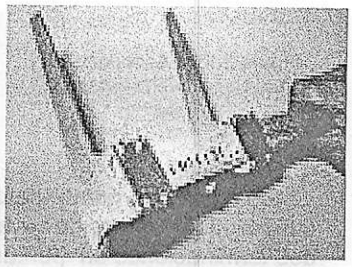


Figura 3.16.b. Segmómetro desplegado, posición de las manos

Banco de madera o caja antropométrica

Banco de madera no deformable (Figura 3.15. d), que se pueda limpiar con facilidad, de 40 cm de altura, 50 cm de ancho y 30 cm de profundidad. Deberá tener un corte en la parte baja con el fin de que el sujeto pueda introducir sus pies debajo del mismo para facilitar la posición antropométrica durante la toma de algunas mediciones.

Se usa en muchas ocasiones, por ejemplo, en la toma de la talla sentado y en algunos diámetros (como el femoral) y las alturas ileoespinal y longitud de la pierna tomada con el segmómetro (Figuras 3.20 y 3.21). En estos casos, a la altura medida desde la caja a la referencia anatómica, se le suma la altura del cajón. Esto representa la verdadera altura desde el suelo, y protege la columna del antropometrista que no necesita inclinarse hasta el suelo, facilitando la visión de los números con claridad. En el caso de niños, se cambia la posición, siendo la altura de 30 cm, el ancho de 50 cm y la profundidad de 40 cm.

Calibres deslizantes grandes de ramas rectas

Escala métrica con dos ramas, una fija y otra que se desplaza (Figura 3.17). Las ramas pueden ser rectas. Estas ramas se adaptan a una escala metálica rígida, lo cual es importante por la presión que es necesario ejercer al medir, sobre todo longitudes óseas. Su precisión es de 1 mm para GPM (Figura 3.18).

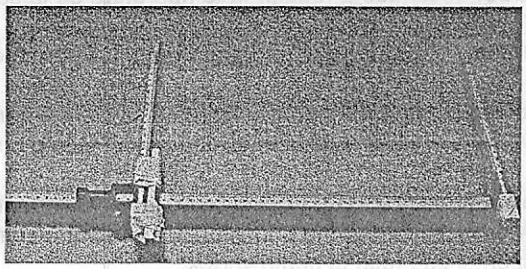


Figura 3.17. Calibre deslizante grande

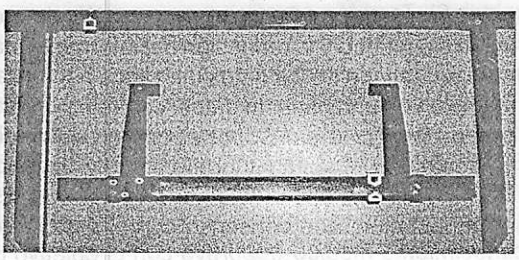


Figura 3.18. Calibre deslizante

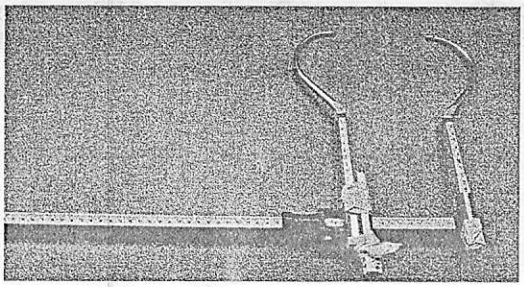


Figura 3.19. Calibre de ramas curvas

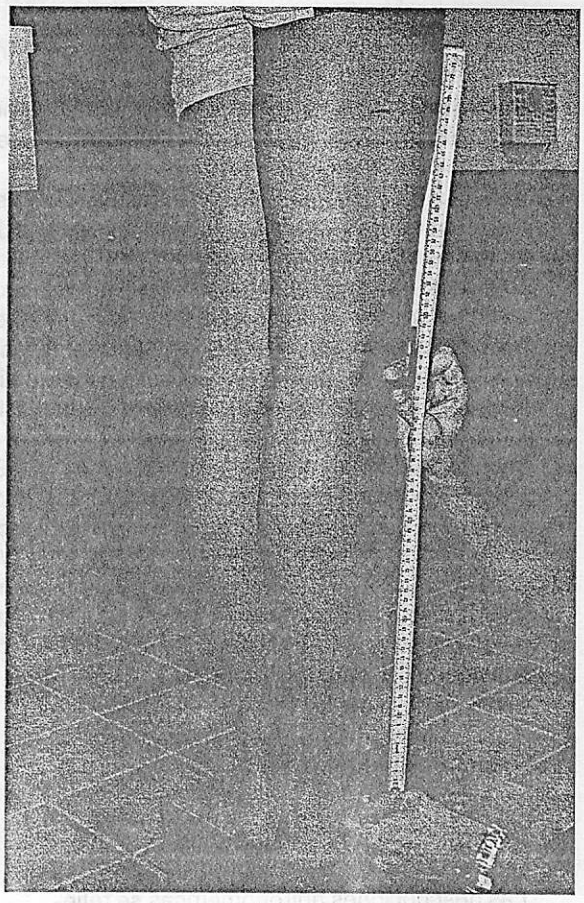


Figura 3.20. Longitud de la pierna o tibial lateral

Suele coincidir con el segmento superior del antropómetro. La distancia entre ambas ramas debe verificarse previamente a las mediciones para cerciorarnos que se han ajustado correctamente. Presenta una escala métrica con dos ramas. Su precisión es de un 10 mm. Se emplea para medir diámetros óseos como el biacromial. Normalmente acompaña al conjunto del antropómetro, GPM (Figura 3.41).

Calibres deslizantes pequeños

Escala métrica con dos ramas rectas, una fija y otra que se desplaza, de 1 mm de precisión que se utiliza específicamente para medir diámetros pequeños como el humeral, mano, así como el femoral o biepicondíleo de fémur (Figura 3.18, 3.43 y 3.45).

Calibres de ramas curvas

Escala métrica con dos ramas curvadas, una fija y otra móvil (Figura 3.19), de 1 mm de precisión. Se utilizan fundamentalmente para medir diámetros, entre ellos el antero-posterior de tórax (Figura 3.23.c). El diseño curvo permite que las ramas se adapten a la morfología del tórax y a las mamas, situándose los extremos en los puntos anatómicos mesoesternal y espinal del tronco.

Material auxiliar

- **Lápiz dermográfico:** señala los puntos anatómicos y marcas de referencia.
- **Pesas, escala métrica:** para la calibración del aparataje.

- **Calefactor portátil o aparato de aire acondicionado:** destinado a regular la temperatura de la sala antropométrica.
- **Termómetro portátil:** permite vigilar el mantenimiento de una correcta temperatura de la sala donde se realiza el estudio, entre 22 y 24° C.
- **Plataforma:** base de sustentación de madera para colocar el antropómetro y el sujeto a evaluar, puede ser útil en la medición de las alturas cuando el suelo no está bien nivelado y evita que al sujeto se le enfríen los pies (Figura 3.12).
- **Fiel:** confirma que todas las medidas realizadas son independientes de la inclinación o irregularidades de la superficie de contacto, sobre todo se debe usar en el tallímetro, rama horizontal, para mantenerlo vertical formando un ángulo de 90° con la rama horizontal que toca el punto vértex.
- **Software informático de cineantropometría:** aconsejable para el procesamiento de los datos, debido al alto número de medidas que se realizan, (véase capítulo 6). También se precisa para un cálculo posterior de las fórmulas a utilizar, facilitando el diagnóstico antropométrico y la redacción del informe final. El GREC está fabricando una aplicación informática para el procesado de los datos utilizados habitualmente por los expertos en antropometría, que facilita la creación de una base de datos, con referencias actualizadas, hasta su publicación en la revista *Archivos de Medicina del Deporte*, órgano editorial de la Federación de Medicina del Deporte (FEMEDE), donde el GREC está integrado como grupo de trabajo, planteándose entre los objetivos aprobados en la Asamblea General Ordinaria del Congreso de FEMEDE 2007 celebrado en Sevilla, la creación de un documento de consenso con el *protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo* con el objetivo de tener las referencias claras y adecuadas en cuanto a las ecuaciones utilizables para cada población apoyado por una aplicación informática. Una vez aprobada por la Junta Directiva del GREC, el 6 de marzo de 2009, y admitida para publicación por FEMEDE el 11 de marzo del presente año, podrán consultarlo en www.femede.es.

3.4. Puntos anatómicos

Planos y ejes de referencia

Las descripciones antropométricas se refieren siempre a la **posición anatómica**, en la cual el sujeto está con el cuerpo erecto, la cabeza y los ojos dirigidos hacia el infinito, las extremidades superiores suspendidas a lo largo del cuerpo con las palmas de las manos dirigidas hacia delante y los dedos extendidos, los pies con los talones juntos formando un ángulo de 45° (Figura 3.29).

En estudios antropométricos la posición estándar de medición se define como *Posición de atención antropométrica* o *Posición estándar erecta* (Lohman y cols., 1988). En esta posición se describen tres ejes y tres planos (Figuras 3.1 y 3.21).

a. **Plano anteroposterior o sagital:** plano vertical que se extiende de delante hacia atrás dividiendo al cuerpo en dos partes, derecha e izquierda. Si estas son iguales, tenemos un plano mediosagital, y si son desiguales obtenemos un plano parasagital. Los términos medial y lateral se refieren a las estructuras o localizaciones más cercanas o lejanas del plano sagital.

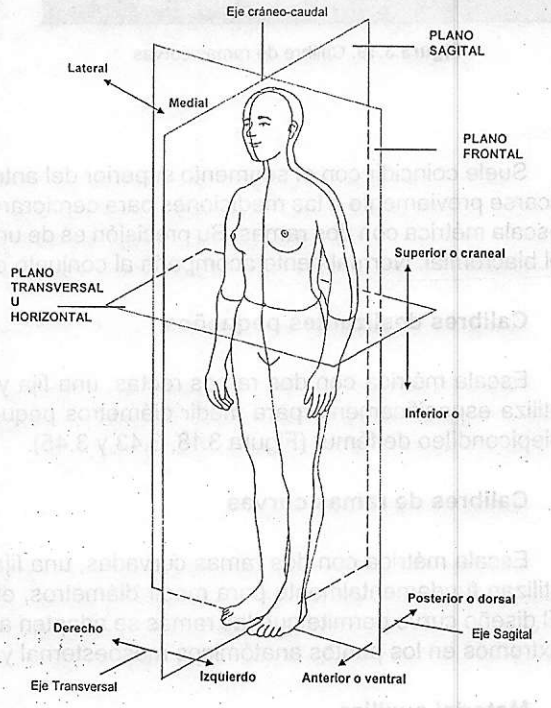


Figura 3.21. Ejes y planos anatómicos de referencia

b. **Plano frontal o coronal:** plano vertical y perpendicular al plano sagital. Divide al cuerpo en una porción ventral (anterior) y otra dorsal (posterior). La superficie posterior de la mano y superior del pie se denominan dorso; la superficie ventral de la mano e inferior del pie se llaman palma y planta respectivamente.

c. **Plano transversal:** plano horizontal, perpendicular a los dos planos anteriores, que divide el cuerpo en una porción craneal o superior y otra caudal o inferior.

3.4.1. Definición de punto somatométrico y descripción de la técnica de localización

Los puntos somatométricos o antropométricos son los puntos y referencias anatómicas sobre los cuales se determinan las distancias y se realizan las mediciones de las variables antropométricas *Manual de cineantropometría* GREC, Esparza 1993; *Manual de la ISAK,* ISAK 2001; *ASMR,* Lohman y cols., 1988. Existe un número importante de puntos somatométricos que se utilizan en investigación antropométrica. Aquí mencionaremos únicamente los de mayor utilidad clínica y práctica. Algunos son puntos óseos de apófisis de huesos y otros, por el contrario, se sitúan en partes blandas.

Los puntos anatómicos de referencia deben identificarse con gran exactitud, siendo aconsejable para su localización la siguiente secuencia:

1. Localización inicial del punto anatómico por palpación con el pulpejo del primer o segundo dedo de la mano.

2. Relocalización del punto anatómico, previa supresión de la presión del dedo sobre la piel, volviéndolo a localizar con la uña de otro dedo, generalmente el índice o pulgar.

3. Marcar con el lápiz dermográfico sobre el punto localizado con una cruz.

4. Comprobar una vez marcado, confirmando que el punto ha sido señalizado correctamente, no existiendo desplazamiento de la piel en el marcaje.

Todos los puntos anatómicos deben identificarse y comprobarse antes de comenzar el proceso de medición. Aunque el interés del investigador se limite a una secuencia de medidas, es conveniente que se marquen todos los puntos, y que se haga en un primer momento, para posteriormente realizar en un segundo momento, de forma rutinaria, la medición antropométrica de una manera completa 2 o 3 veces (véase capítulo 4).

Puntos anatómicos de la cabeza

Vértex (v)

Definición y localización. Punto más superior y prominente de la cabeza, localizado en el plano mediosagital, con la cabeza situada en el Plano de Frankfort horizontal (plano horizontal que pasa por el punto más bajo del borde inferior de la órbita y el nódulo superior del *tragus* de la oreja, o punto más alto del conducto auditivo externo (Tragión); paralelo al suelo y en ángulo recto con el eje longitudinal del cuerpo) (Figuras 3.2. y 3.27). No es lo mismo que el bregma (intersección de las suturas coronal y sagital). Aplicación: punto de referencia para determinar talla y talla sentado.

Glabela o *Glabella* (gl)

Definición y localización. Punto medial más prominente del hueso frontal, localizado en la frente, a la altura de las cejas, en el plano mediosagital, y que coincide con la tangente al borde superior de ambas cejas, correspondiendo a la *glabella* del hueso frontal (Figura 3.27).

Mentoniano o *Gnathión* (gn)

Definición y localización. Punto inferior extremo del borde inferior del hueso mandibular o mentón, localizado en su plano mediosagital.

Puntos anatómicos del tronco

Cervical o *Cervicale*

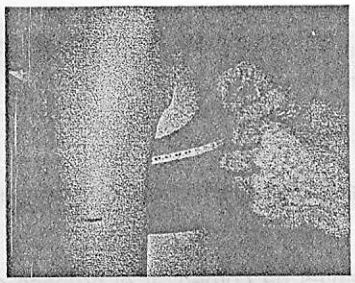
Definición y localización. Punto más posterior de la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical. El sujeto de estudio flexiona la cabeza, provocando con ello que el proceso espinoso se dirija ventralmente, y se aleje del proceso espinoso de la primera vértebra dorsal. Una vez localizado el punto, el sujeto de estudio vuelve a la posición anatómica. Se hace la marca con el lápiz dermográfico presionando ligeramente con el dedo, comprobando posteriormente la posición marcada sin presionar. Función: punto de referencia para determinar la altura del tronco.

Supraesternal o *Supraesternale*

Definición y localización. Punto situado en el borde superior de la escotadura supraesternal, entre ambas clavículas, en el borde superior del esternón, situado en el plano mediosagital. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Mesoesternal o *Mesoesternale*

Definición y localización. Punto localizado en la mitad del cuerpo del esternón, a nivel de la cuarta articulación condroesternal (articulación de la cuarta costilla con el esternón), en la intersección de los planos mediosagital y horizontal (Figura 3.23).El antropometrista coloca sus dedos índices por encima de las clavículas, y con los dedos pulgares localiza el primer espacio intercostal; mueve los dedos índices reemplazando a los pulgares que han descendido hasta el segundo espacio intercostal, quedando atrapado entre los dedos el segundo arco costal (ángulo de Louis). Este proceso se repite para la tercera y cuarta costilla y con ambas manos a la vez.



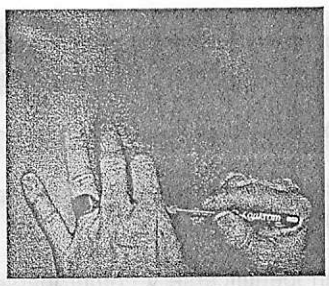
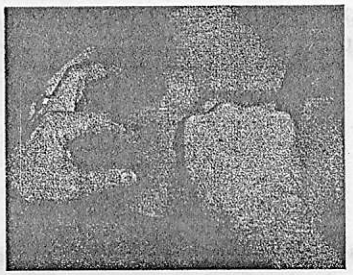


Figura 3.23. Localización del punto mesoesternal. Marcaje



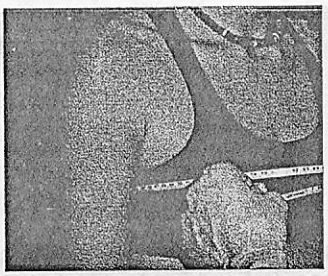


Figura 3.23.a y b.
Perímetro de tórax

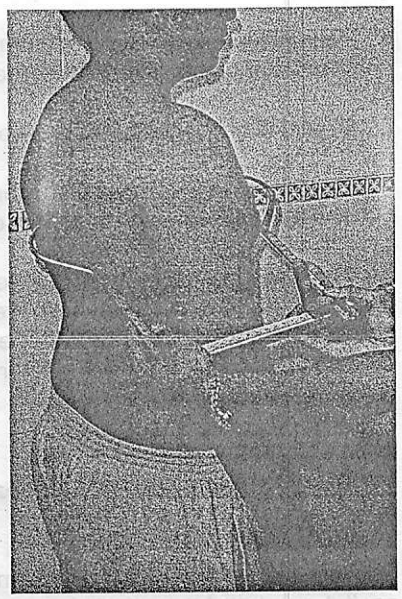


Figura 3.23.c. Medición diámetro antero-posterior de tórax

La marca se realiza en el punto medio del cuerpo del esternón. A nivel de la unión entre la cuarta costilla con el esternón, se traza una línea imaginaria hasta la cuarta articulación condrocostal contralateral y se marca con el lápiz dermográfico su punto medio. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada (Figura 3.23 y 3.42). Función: punto de referencia para determinar los diámetros antero-posterior y transverso de tórax (Figuras 3.23.b y 3.23.c).

Xifoideo o *Xiphoideus* (x)

Definición y localización. Punto localizado en la apófisis xifoides del esternón, en su extremo más inferior, caudal o punto más podálico. El antropometrista palpará en dirección medial desde el arco costal

hacia la derecha o izquierda, dependiendo de la situación del investigador con respecto al sujeto de estudio, hasta alcanzar el esternón. Estos arcos costales (que conforman el ángulo infraesternal) se articulan en la unión xifo-esternal. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Mamilar o *Thelión* (th)

Definición y localización. Punto central en la mamila o pezón mamario, localizado en la región anterior del pecho coincidiendo con el pezón mamario.

Línea ileo-axilar

Definición. Es la línea vertical imaginaria que une el punto medio de la axila con el borde lateral superior de la cresta del ilion. (Figura 3.24).

Localización. Con el brazo del sujeto colocado horizontalmente en abducción, ubicar el borde lateral superior del ilion derecho, utilizando la mano derecha, y el punto medio de la axila visible. La mano izquierda se utiliza para estabilizar el cuerpo brindando resistencia en el costado izquierdo junto a la pelvis, si medimos el lado derecho. La línea vertical descrita une estas dos marcas.

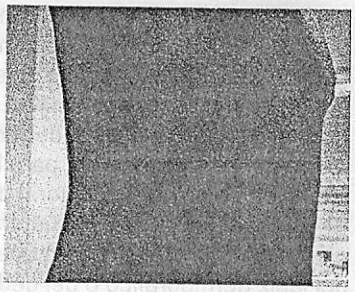


Figura 3.24. Línea ileo-axilar media

Epigástrico o *Epigastrale*

Definición y localización. Punto central de la región epigástrica, localizado en la pared anterior del abdomen, sobre la intersección del plano mediosagital y transverso, a nivel del punto inferior de la décima costilla. Se marca con el lápiz dermográfico, comprobando posteriormente la posición señalada (Figura 3.27).

Umbilical u *Omphalión* (om)

Definición y localización. punto central de la cicatriz umbilical, localizado en la pared anterior del abdomen, sobre la intersección del plano mediosagital y transverso, a nivel del plano supracrestal (Figuras 3.6.b y 3.27).

***Abdominale* (ab)**

Definición y localización. Punto marcado a 5 cm a la derecha del punto umbilical en los adultos y 3 cm en niños, ayudándonos de la cinta métrica (Figura 3.6.b y 3.5.d). Función: punto antropométrico de referencia para la toma del pliegue abdominal

Pubiano o *Synphisión* o *Pubicus* (sy)

Definición y localización. Punto medio del borde superior de la sínfisis del pubis, que puede ser localizada por el sujeto de estudio. Este tendrá los dedos índices separados unos 4 cm, y partiendo desde el ombligo descenderá hasta localizar la superficie superior del hueso del pubis, sobre la sínfisis púbica. El antropometrista procederá entonces a marcar con el lápiz dermográfico el punto medio del borde superior de la sínfisis púbica, que puede coincidir con el inicio del vello pubiano, comprobando posteriormente la posición marcada (Figura 3.27).

Subescapular o *Subescapulare*

Definición y localización: Punto más bajo del ángulo inferior de la escápula que el antropometrista palpará con el pulgar izquierdo. Si existe dificultad para localizar el ángulo inferior de la escápula, se pedirá al sujeto de estudio que lentamente desplace el brazo hacia atrás para tocarse la espalda, es decir, realizando un movimiento de retroversión. El ángulo inferior de la escápula se palpará comenzando con la mano en el costado del sujeto (Figura 3.24.a). Se hace la marca con el lápiz dermográfico a 2 cm por debajo del ángulo inferior de la escápula, siguiendo las líneas de la piel, quedando, por tanto, ligeramente desplazado a la derecha afuera y abajo. Posteriormente se comprueba la posición marcada (Figura 3.24.a).

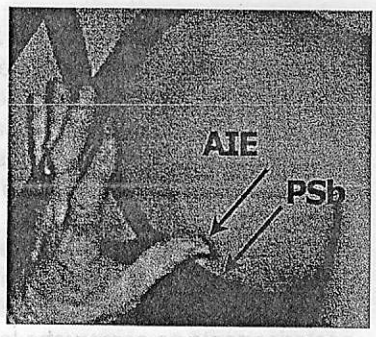


Figura 3.24.a. Punto escapular

Glúteo o *Gluteale*

Definición y localización. Punto localizado en la articulación sacrococcígea, en el plano mediosagital. Para su localización, el antropometrista coloca su dedo pulgar en el borde superior del surco glúteo y palpa hacia abajo con su dedo pulgar hasta localizar el punto, manteniendo el resto de los dedos extendidos hacia arriba, sobre la región lumbar del sujeto estudiado. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Puntos anatómicos del miembro superior

Acromial o *Acromiale* (a)

Definición y localización. Punto más lateral del borde superior y externo del proceso del acromión, en la posición media entre el borde anterior y posterior del músculo deltoides, desde una perspectiva lateral. (Figuras 3.27 y 3.32). El sujeto de estudio estará erecto con los brazos relajados. El antropometrista, situado a la derecha y detrás del sujeto de estudio, localiza primero el punto superior y más lateral del acromión. Para ello se aplica el lápiz dermográfico sobre el borde lateral del proceso acromial, con un ángulo aproximado de 45° hacia arriba, para localizar el borde superior. Con la uña del pulgar de la mano izquierda se identifica el punto más lateral de dicho borde acromial con el fin de confirmar la localización del mismo. El punto de interés se encuentra en el plano más superior y lateral de dicho borde y coincide con la región media del deltoides en una observación lateral. Una vez localizado dicho punto, se quita la presión del lápiz dermográfico o del dedo, y aprovechando la huella blanca, se hace la marca. Posteriormente se comprueba la posición marcada. Función: punto de referencia para determinar el diámetro biacromial, la longitud total de la extremidad superior y la longitud de brazo (Figura 3.42).

Radial o *Radiale*

Definición y localización. Punto más superior del borde proximal y lateral de la cabeza del radio (Figuras 3.5.c, 3.27 y 3.28). El antropometrista, con su dedo índice o pulgar derecho, palpará hacia abajo en la porción más baja de la fosa lateral del codo. Debería ser posible ubicar el espacio entre el *capitulum* humeral y la cabeza del radio. Una ligera pronación o supinación del antebrazo del sujeto de estudio provoca un movimiento de rotación en la cabeza del radio, con lo que su emplazamiento se localiza fácilmente. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Comprobando posteriormente la posición marcada. Función: punto de referencia para determinar la longitud de brazo y del antebrazo y altura radial (Figuras 3.28 y 3.33).

Estiloideo o *Stylión* (sty)

Definición y localización. Punto más distal de la extremidad inferior de la apófisis estiloides del radio (Figura 3.27), que se localiza en la denominada "tabaquera anatómica", formada al extender el dedo pulgar de la mano en estudio. El antropometrista coloca la uña del dedo pulgar derecho en el espacio triangular limitado por los tendones de los músculos extensor corto, extensor largo y abductor largo del pulgar, localizando la apófisis estiloides radial en el espacio entre el borde distal del radio y la cara más proximal del primer metacarpiano. Cuando existe dificultad para localizarla, esta se puede identificar manipulando el pulgar de la mano del sujeto de estudio. Se hace la marca con el lápiz dermográfico, que será posteriormente comprobada. La localización del punto estiloideo cubital se realiza en la parte dorsal y medial de la muñeca (Figura 3.34.c). Función: punto de referencia para determinar la longitud de la mano y la longitud total de la extremidad superior sin la mano y la longitud del antebrazo (Figura 3.36.b).

Estiloideo medio o *Stylión Medium*

Definición y localización. Es el punto medio, en la superficie anterior de la muñeca, sobre una línea horizontal al nivel del punto estiloideo (Figura 3.27). La cinta antropométrica se alinea con la marca estiloidea y se traza una línea horizontal hasta cerca del punto medio de la muñeca, las superficies medial y lateral de la muñeca. En esta posición se traza una línea vertical que se cruza con la horizontal por debajo de la cinta antropométrica en el punto medio alineado con el dedo medio.

Metacarpiano radial o *Metacarpale Radiale* (mr)

Definición y localización. Punto más lateral o saliente en dirección radial de la cabeza distal del segundo metacarpiano, que se localiza con la mano extendida. Se hace la marca con el lápiz dermográfico y posteriormente se comprueba la posición marcada.

Metacarpiano cubital o *Metacarpale Ulnare* (mu)

Definición y localización. Punto más medial o más saliente en dirección ulnar de la cabeza distal del quinto metacarpiano, que se localiza en el mismo con la mano extendida. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Digital, dedal o *Dactylión*

Definición. Punto más distal del dedo medio, cuando los brazos se suspenden a lo largo del cuerpo y los dedos están en extensión. También pueden determinarse los puntos dedales de los restantes dedos de la mano (Figura 3.27). Su localización es sencilla por ser el punto más distal del pulpejo del dedo medio, o tercer dedo o eje de la mano. No se utilizará la uña como punto de referencia. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada. Función: punto de referencia para determinar la longitud de la mano y longitud total de la extremidad superior (Figuras 3.36.c y d).

Puntos anatómicos del miembro inferior

Ileocrestideo o *Iliocristale o Supracrestale* (il)

Definición y localización. Punto más lateral del borde superior del tubérculo de la cresta ilíaca, en su intersección con la línea íleo-axilar (Figuras 3.6.b, 3.24 y 3.25), o punto más externo que se puede localizar sobre la cresta ilíaca. El sujeto de estudio colocará el brazo en posición horizontal y lateral con respecto al cuerpo. Con la mano derecha se localiza el borde más superior y lateral del *ilium.* La mano izquierda tiene la misión de estabilizar el cuerpo al tiempo que produce resistencia frente al desplazamiento de la pelvis hacia la zona izquierda de la misma. Se marca el punto con lápiz dermográfico, comprobándose posteriormente la posición marcada (Figura 3.41.b). Función: punto de referencia para determinar el diámetro biileocrestal.

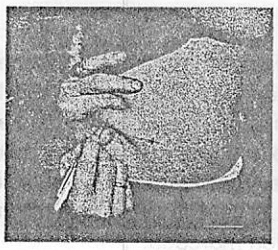


Figura 3.25.a.
Marcaje punto muslo superior

Figura 3.25.b.
Prolongación de la línea axilar anterior con la cinta métrica hacia el punto ileospinal

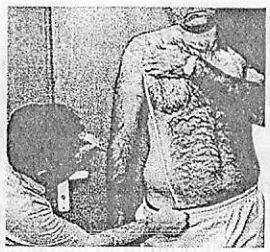


Figura 3.25.c.

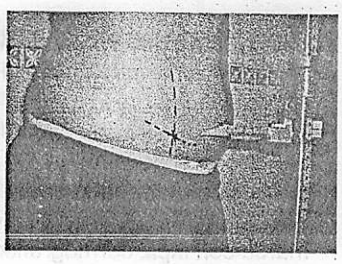


Figura 3.25.d.
Identificación del punto supraespinal

Ileoespinal o *Ilioespinale Anterior* o Supraílíaco (is)

Definición y localización. Punto localizado en la espina ilíaca anterosuperior, en su extremo inferior, o punto anterosuperior de la espina ilíaca (Figuras 3.25.b, c y d; 34.a y b). Para su localización, el sujeto de estudio se sitúa apoyado sobre el pie izquierdo, manteniendo el talón del pie derecho elevado y el fémur en rotación externa. El antropometrista sujeta la cadera con su mano izquierda y localiza con el dedo pulgar el borde superoexterno del *ilium,* y siguiendo una dirección anterior e inferior a lo largo de la cresta iliaca hasta que la prominencia del *ilium* se situa dorsalmente.

Como el músculo sartorio se inserta en esta espina, una ligera rotación externa del muslo hace posible la identificación del músculo por su acción, lo que nos permite seguirlo hasta su origen en la espina ilíaca anterosuperior (Figuras 3.63.a y b).

Una vez identificado el punto, el sujeto de estudio vuelve a la posición anatómica. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Trocantéreo o *Trochantericón*

Definición y localización. Punto superior del trocánter mayor del fémur (Figura 3.26). El sujeto de estudio adelanta su pierna derecha y coloca su pie en una plataforma de unos 15 cm de altura. El antropometrista, estabilizando desde detrás la pelvis del individuo con la mano derecha, palpa con la otra la zona lateral de los músculos glúteos, en la línea del eje longitudinal del fémur (Figura 3.5.e).

Una vez que el trocánter mayor es identificado por una firme presión, el sujeto recupera cuidadosamente la posición anatómica, momento en el cual el antropometrista palpa en dirección ascendente hasta localizar el punto superior del trocánter mayor. Se libera la presión sobre la zona y se señala con el dedo índice de la mano izquierda. Se hace la marca con el lápiz dermográfico para comprobar posteriormente la posición marcada (Figura 3.37.a).

La dificultad en la palpación del trocánter mayor se puede subsanar mediante la rotación interna y externa alternativa, bien por movimientos alternativos de flexión y extensión del muslo, o bien, teniendo la rodilla en extensión, realizar una abducción del muslo del miembro inferior correspondiente, permitiendo así que el trocánter mayor sea detectado. Hay que tener precaución de marcar dicho punto en posición anatómica, fijándose que el elástico de la vestimenta no desplace la piel y, por tanto, el punto de referencia. Función: punto de referencia para determinar el diámetro bitrocantéreo, la longitud total de miembro inferior y la longitud del muslo.

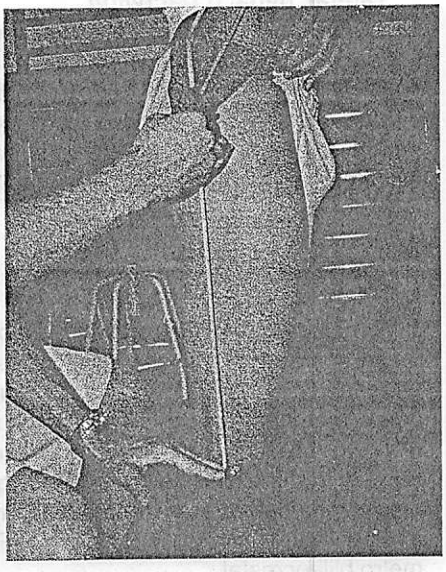


Figura 3.26. Altura trocantérea

Tibial medial o *Tibiale Mediale* o *Internum* (ti)

Definición y localización. Punto más medial y proximal a la cavidad glenoidea, siendo el más superior, en el borde medial de la cabeza de la tibia, o punto de la extremidad interna de la interlínea articular de la rodilla (Figuras 3.27; 3.37.b). El borde de la tibia se localiza palpando el tendón rotuliano del músculo cuádriceps en el punto final de la rótula. Es fácilmente identificable al flexionar ligeramente la pierna del sujeto de estudio. El dedo pulgar del antropometrista se mueve medialmente, presionando la piel hasta identificar el punto tibial de la articulación, en el borde anterior del ligamento lateral interno de la rodilla. A este nivel se realiza una marca con lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Otra forma de ubicar este punto es con el sujeto de estudio en posición sentada, con la pierna del estudio descansando sobre la otra rodilla y con la tibia paralela al suelo, para que el aspecto medial de la pierna derecha pueda ser señalizado. Se palpa la zona situada entre el cóndilo femoral medial y la tuberosidad interna de la tibia. Sin modificar la posición de la pierna, se marca el punto con lápiz dermográfico en el borde medial y proximal tibial. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada (Figura 3.8). El punto tibial medial está aproximadamente en el mismo plano transverso que el punto tibial lateral Función: punto de referencia para determinar la longitud de la tibia.

Tibial lateral o *Tibiale Externum* (tie)

Definición y localización: Punto más lateral y craneal del cóndilo externo de la tibia y proximal a su cavidad glenoidea, o punto de la extremidad lateral o externa de la interlínea de la rodilla (Figuras 3.7 y 3.27). Para su emplazamiento, el sujeto de estudio flexionará la rodilla formando un ángulo de 90° o adquirirá posición de sedestación. Se determinará la depresión en la rodilla formada por tres prominencias óseas: epicóndilo del fémur, porción anterolateral de la cabeza de la tibia y cabeza del peroné. Desde esta orientación, el antropometrista presionará interiormente y con la cara lateral del pulgar de la mano derecha, localizando el borde superior y lateral de la tibia. Palpará retrógradamente a lo largo del borde de la tibia hasta localizar el punto descrito. Una vez identificado el punto, el individuo flexionará y extenderá la rodilla varias veces para asegurar la correcta localización del mismo antes de volver a la posición anatómica. Se libera de la presión sobre la piel y se identifica con la uña del dedo índice de la mano izquierda. Se marca con el lápiz dermográfico y se comprueba de nuevo la posición marcada. Función: punto de referencia para determinar la longitud del muslo y de la pierna.

Maleolar tibial, interno o *Medial o Sphyrión* (sph)

Definicjón y localización. Punto más distal o saliente del maléolo tibial, medial o interno. El sujeto de estudio se colocará sobre una plataforma y el antropometrista situado detrás. Su emplazamiento se facilita desde abajo y dorsalmente. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Función: punto de referencia para determinar la longitud de la pierna (Figuras 3.8 y 3.37.b).

Maleolar peroneal, externo o lateral o *Sphyrión Fibulare* (sphf)

Definición y localización. Punto más distal del maléolo lateral peroneo o externo. Es más distal que el maléolo tibial. El sujeto de estudio se colocará sobre una plataforma y el antropometrista situado detrás.

Su emplazamiento se facilita desde abajo y dorsalmente. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

Calcáneo o *Pternión*

Definición y localización. Punto posterior del talón del pie. Con el sujeto de estudio en posición anatómica, corresponde al resalte superficial de la tuberosidad posterior del calcáneo. Se marca con el lápiz dermográfico y, posteriormente, se comprueba de nuevo la posición marcada. Función: punto de referencia para determinar la longitud del pie.

Metatarsiano tibial o *Metatarsale Tibiale* (mtt)

Definición y localización. Punto más medial o más saliente de la cabeza del primer metatarsiano a nivel de la articulación metatarsofalángica. El punto se localiza en la región anterior del pie, cuando el sujeto de estudio está en posición anatómica.

Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

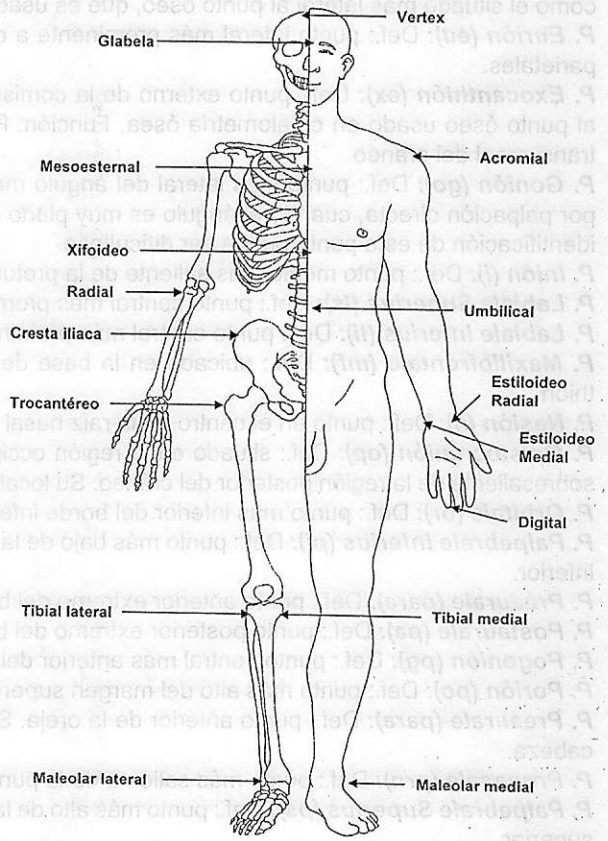


Figura 3.27. Puntos o referencias anatómicas

Metatarsiano peroneal o *Metatarsale Fibulare* (mtf)

Definición y localización. Punto más lateral o más saliente de la cabeza del quinto metatarsiano, situado en la articulación metatarsofalángica. El punto se localiza en la región anterior del pie, cuando el sujeto de estudio está en posición anatómica. Se hace la marca con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada, Figuras 3.34.d y 3.46.a).

Anterior del pie o *pedial o Akropodión* (ap)

Definición y localización. Punto anterior de los dedos del pie o punto más distal del primer pulpejo. Se localiza en la región anterior del pie cuando el sujeto está en posición anatómica. Debe ser el dedo más prominente, bien sea el primero, segundo o el tecero. Función: punto de referencia para determinar la longitud del pie, (Figura 3.37.c).

Otras referencias o puntos anatómicos

- ***P. Alare (a)***: Def.: punto más externo de los contornos del ala de la nariz.
- ***P. Alagenión (ag):*** Def.: punto unión de las alas nasales con el tegumento labial.
- ***P. Condylión Laterale (cdl):*** Def.: punto más lateral del cóndilo mandibular. Se identifica por palpación a la altura de la articulación temporomandibular cuando la boca está abierta.
- ***P. Cheilión (ch):*** Def.: Punto extremo de cada una de las comisuras labiales.
- ***P. Crista Philtri (cp):*** Def.: punto en el cual los márgenes del *philtrum* están más elevados, justo por encima de la línea del vermillion.
- ***P. Endocanthión (en):*** Def.: punto interno de la comisura de los ojos, cercano al lagrimal. Se identifica como el situado más lateral al punto óseo, que es usado en cefalometría ósea.
- ***P. Eurión (eu):*** Def.: punto lateral más prominente a cada lado del cráneo, en el área de los huesos parietales.
- ***P. Exocanthión (ex):*** Def.: punto externo de la comisura de los ojos. Se localiza ligeramente medial al punto óseo usado en cefalometría ósea. Función: Punto de referencia para determinar la longitud transversal del cráneo
- ***P. Gonión (go):*** Def.: punto más lateral del ángulo mandibular cercano al gonión óseo. Se identifica por palpación directa, cuando el ángulo es muy plano o hay abundante tejido blando suprayacente, la identificación de este punto puede ser dificultosa.
- ***P. Inión (i):*** Def.: punto medio más saliente de la protuberancia occipital externa.
- ***P. Labiale Superius (ls):*** Def.: punto central más prominente de la línea superior del vermillion.
- ***P. Labiale Inferius (li):*** Def.: punto central más prominente de la línea inferior del vermillion.
- ***P. Maxillofrontale (mf):*** Def.: ubicado en la base de la raíz nasal, en el centro entre los endocanthión.
- ***P. Nasión (n):*** Def.: punto en el centro de la raíz nasal y a la altura de la sutura naso-frontal.
- ***P. Opistocranión (op):*** Def.: situado en la región occipital más distante de la glabella o el punto más sobresaliente de la región posterior del cráneo. Su localización depende de la forma del hueso occipital.
- ***P. Orbitale (or):*** Def.: punto más inferior del borde inferior de cada órbita. Identificable por palpación.
- ***P. Palpebrale Inferius (pi):*** Def.: punto más bajo de la porción medial del borde libre de cada párpado inferior.
- ***P. Preaurale (para):*** Def.: punto anterior extremo del borde libre de la oreja.
- ***P. Postaurale (pa):*** Def.: punto posterior extremo del borde libre de la oreja.
- ***P. Pogonión (pg):*** Def.: punto central más anterior del mentón. Localizable por palpación.
- ***P. Porión (po):*** Def.: punto más alto del margen superior del meato auditivo externo.
- ***P. Preaurale (para):*** Def.: punto anterior de la oreja. Se localiza enfrente de la inserción del hélix a la cabeza.
- ***P. Pronasale (prn):*** Def.: punto más saliente de la punta de la nariz. Se localiza en posición lateral.
- ***P. Palpebrale Superius (ps):*** Def.: punto más alto de la porción medial del borde libre de cada párpado superior.
- ***P. Pupilare (pu):*** Def.: punto central de la pupila. Determinado cuando la cabeza está en posición mirando al frente y reposo.
- ***P. Otobasión Superius (obs):*** Def.: punto de inserción del hélix en la región temporal. Determina el borde superior de la inserción de la oreja.
- ***P. Otobasión Inferius (obi):*** Def.: punto de inserción de la oreja a la mejilla. Determina el borde inferior de la inserción de la oreja.
- ***P. Superaurale (sa):*** Def.: punto más prominente del margen libre de la oreja.
- ***P. Subaurale (sba):*** Def.: punto inferior extremo del borde libre del lóbulo de la oreja.
- ***P. Subalare (sbal):*** Def.: punto en el límite inferior de la base de cada ala nasal, donde se fusiona con la piel de la región supralabial.
- ***P. Superciliare (sci):*** Def.: punto central más alto del borde superior de cada ceja.
- ***P. Sellión (se):*** Def.: punto más profundo de la raíz nasal. Se localiza ligeramente por debajo del nasión.
- ***P. Stomión (sto):*** Def.: punto imaginario trazado en el entrecruzamiento de la línea media vertical y una línea horizontal a la altura de los labios, con dientes cerrados en posición natural
- ***P. Sublabiale (sl):*** Def.: similar al borde superior del mentón. Se localiza por el borde inferior del labio inferior.
- ***P. Subnasión o Subnasale (sn):*** Def.: punto más profundo localizado en el ángulo entre la unión del tabique nasal y el tegumento labial superior.
- ***P. Tragión (t):*** Def.: escotadura en el borde superior del trago.

- ***P. Trichión (tr):*** Def.: punto de implantación del cabello en la línea media de la frente. Habitualmente hay dificultades en la identificación de este punto en niños pequeños.
- ***P. Zygión (zy):*** Def.: punto más lateral de cada arcada zigomática, identificable durante la medición como el anchura máximo, y no por puntos anatómicos. Es idéntico al zygión de los huesos malares.
- ***P. Xyphialis (xy):*** Def.: punto de intersección de la sincondrosis xifoesternal con el plano mediosagital.
  Punto Humerale Medialis *(hm): Def.*: punto más saliente del epicóndilo interno del húmero.
- ***Punto Humerale Lateralis*** *(hl): Def.*: punto más saliente del epicóndilo externo del húmero.
- ***Punto Medio Acromio-Radiale****: Def.*: se procede a medir la distancia lineal entre la marca acromial y radial con el brazo relajado y extendido al costado y se señala una marca Su localización es una línea horizontal perpendicular al eje principal del húmero en el punto medio de la distancia acromio-radial. Esta distancia es determinada con la cinta métrica. (Figura 3.5.c y 3.28). Se proyecta esta marca sobre la cinta, siguiendo un plano paralelo al plano de sustentación, en las caras ventral y dorsal del brazo. Estas proyecciones indican el lugar donde se medirá el pliegue del bíceps ventralmente y el pliegue del tríceps dorsalmente. Para señalar el lugar donde coger los pliegues del bíceps (región más anterior del músculo bíceps desde una visión lateral a nivel medio acromio-radial), el evaluador se sitúa delante de sujeto, palpando con su pulgar izquierdo la inserción del tendón del bíceps derecho del sujeto, en la cara anterior del codo, y trazará con el lápiz dermográfico una vertical que pase, desde el punto *acromiale* hasta su pulgar, marcando sobre la horizontal anterior, constituyéndose la cruz del punto bíceps, así como el punto del tríceps (región más posterior del músculo tríceps desde una visión lateral a nivel medio acromio-radial), para que su marcaje, el evaluador se situara, dorsal al sujeto, palpando con su pulgar izquierdo el olecranon de la cara posterior del codo derecho del sujeto a explorar. Trazará con el lápiz dermográfico una vertical que pase, desde el punto *acromiale* hasta su pulgar, marcando sobre la horizontal posterior, constituyéndose la cruz del punto tríceps). Es necesario que el sujeto recupere la posición antropométrica. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

- ***Punto Radiale*** *(ra): Def.*: punto en la interlínea húmero-radial sobre la cara externa del codo, tocando el evaluador con su uña del pulgar derecho el borde proximal y lateral de la cabeza radial o *caput radiale.*
- **Punto Medio Biestiloideo**: *Def.*: punto medio, en la cara anterior de la muñeca, entre las apófisis estiloides radial y cubital. Se localiza colocando al sujeto de estudio presentando la cara anterior de la muñeca, y el antropometrista colocará la cinta métrica desde la apófisis estiloides radial a la cubital. Se traza una línea horizontal entre ambas, y el punto medio biestiloideo se localiza en el centro de esta línea (Figura 3.36.c). Se hace una marca vertical, en la intersección con la horizontal, con el lápiz dermográfico. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada.

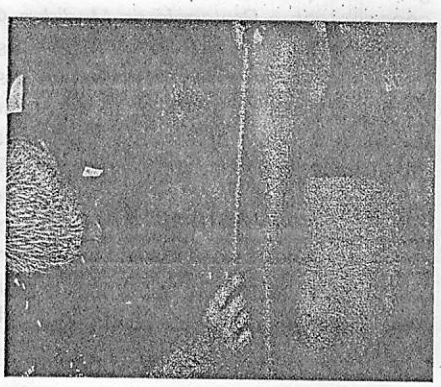


Figura 3.28. Localización del acromio-radial o del brazo por su cara lateral

- ***Punto Merión Mediale*** *(mem): Def.*: punto más saliente del epicóndilo medial o interno del fémur.
- ***Punto Merión Laterale*** *(mel): Def.*: punto más saliente del epicóndilo lateral o externo del fémur.
- **Punto Medio Trocantéreo-Tibial:** *Def.*: punto medio de la distancia entre el punto trocantéreo y tibial lateral. Para su localización se sitúa la cinta métrica entre el punto trocantéreo y tibial lateral, marcándose con el lápiz dermográfico el punto medio. Posteriormente se comprueba de nuevo la posición marcada (Figura 3.37.a).
- **Punto pantorrilla o Medial pierna:** *Def.*: punto marcado en la cara medial de la pierna tras medir la circunferencia máxima de la pierna o pantorrilla, sin retirar la cinta métrica por su borde inferior, se marca una raya con el lápiz en el mismo sentido. Sirve para la recogida del pliegue medial de la pierna o pantorrilla medial.
- **Punto Peternio** *(pte): Def.*:punto más dorsal del talón.
- ***Punto Pododactylión*** *(pod): Def.*: punto distal de cada uno de los dedos del pie. Son cinco puntos desde el primer ortejo (I) al quinto ortejo (V).
- ***Punto Dactylión III*** *(dalII): Def.*: punto más distal de la punta del tercer dígito.

3.4.2. Puntos somatométricos imprescindibles en una exploración antropométrica

El orden de identificación de los puntos anatómicos más importantes es el siguiente: Vértex, acromiale, radiale, medio acromio-radiale, estiloideo o stylión, punto medio biestiloideo, digital o dedal o dactylión, subescapulare, mesoesternale, línea íleo axilare, íliocrestale o supracrestale, ilioespinale o supraespinale, trochantericón, tibiale mediale, tibial laterale y maleolar tibiale o mediale.

Los puntos anatómicos mínimos e imprescindibles en cualquier exploración cineantropométrica son los enumerados a continuación: acromial, radial, medio acromio-radial, subescapular, xifoideo, línea íleo axilar, íleocrestal o supracrestal e ileoespinal o supraespinal (Norton; Whittingham; Carter; Kerr; Gore y Marfell-Jones, 1996).

3.4.3. Medidas antropométricas

Definición

Las medidas antropométricas se realizan en base a unas medidas o parámetros corporales, que son aquellos recomendados por el cuerpo normativo de referencia en cineantropometría, en base al consenso internacional, la ISAK. Por tanto, no se realizan aleatoriamente, sino siguiendo unas localizaciones concretas, en este caso basadas en los textos de Rose y Marfell-Jones de 1993, respaldadas por la ISAK (ISAK, 2001) y por el grupo español de referencia en cineantropometría, el GREC-FEMEDE *en su Manual de cineantropometría* (Esparza, 1993), validándose muchas de ellas en el ASMR (Lohman y cols., 1988).

Las medidas antropométricas convencionales en vivo son las llamadas medidas *esqueléticas*. Se aceptan dos protocolos de medida generales para realizar las mediciones antropométricas, y que se conocen como *Protocolo de Medidas Antropométricas Total* y *Protocolo de Medidas Antropométricas Restringido*. A estos se les añaden aquellas variables de magnitud específicas para poblaciones de sujetos con características especiales. La posición de inicio, en todo estudio para determinar medidas antropométricas, es la *Posición de Atención Antropométrica* o *Posición Estándar Erecta* (Figura 3.1), que es distinta a la posición anatómica (Figura 3.29). El sujeto permanece en bipedestación, con la cabeza y la mirada dirigidos hacia el infinito, las extremidades superiores relajadas a lo largo del cuerpo, con los dedos extendidos, apoyando el peso del cuerpo por igual en ambas piernas. Los pies, con los talones juntos, formando un ángulo de 45° abierto ventralmente.

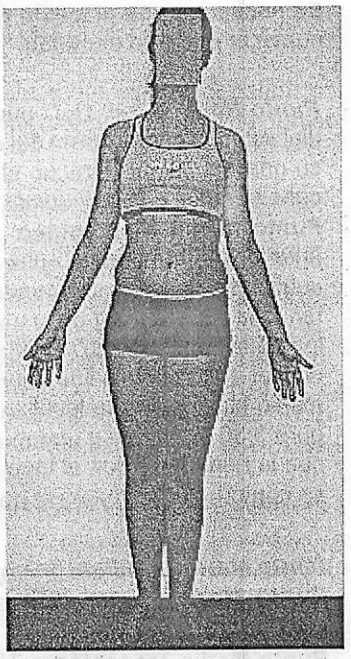


Figura 3.29.a. Posición anatómica; las palmas miran al frente

El sujeto de estudio posee una composición corporal interna básica, que nosotros, de forma artificial, estudiamos dividida en diferentes componentes que no representan tejidos puros, sino la aproximación de órganos similares, que podemos, agrupar bajo la acepción de un tejido mayoritario. Así, la composición corporal básica del organismo estaría compuesta por cinco componentes. Se calcularon por la fórmula del área corporal de *Dubois* (1916), constantes para la relación dimensional de mujeres (0,425) y de hombres (0,725).

Piel

La piel es la masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos vasculares con sangre coagulada que recubre la superficie corporal.

La piel así descrita se considera una función del área corporal del cuerpo, y el grosor y densidad de la piel. Los datos de cadáver muestran que la superficie diseccionada de piel es mayor en hombres frente a mujeres para el modelo geométrico teórico. Se calcularon en la fórmula del área corporal de Dubois (1916) constantes para la relación dimensional: de mujeres 0,425, y hombres 0,725. El grosor de piel se estimó partiendo del índice de la masa de piel obtenida y la superficie de piel diseccionada, multiplicado por la

densidad corporal obtenida. Esta fracción es la única que utiliza el peso corporal obtenido, preservando la similitud geométrica (Ross y Kerr, 1990).

Tejido adiposo

El tejido adiposo es aquel separable por disección grosera, que incluye la masa de tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental alrededor de los órganos y vísceras, y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular. No es equivalente químicamente a la masa de grasa extraíble especificada en el método densitométrico del doble compartimento. Actualmente, los científicos le están dando una gran relevancia al comienzo del siglo XXI, por su relación con fenómenos inflamatorios y endocrinos que juegan un papel importante, tanto en el sobrepeso como en la obesidad.

El tejido adiposo aquí descrito está basado en pliegues cutáneos de las extremidades y tronco, reconociendo que la adiposidad de los miembros generalmente domina en mujeres y la del tronco en varones. El uso de plicómetros puede conducir a una subestimación sistemática del tejido adiposo en mujeres y una sobreestimación en hombres. La técnica por perímetros corregidos puede ser de utilidad, valorando la fórmula para predecir este tejido (Ross y Kerr, 1990).

Tejido muscular

Músculo se refiere al músculo esquelético del cuerpo (**Músculo**, del latín *muscŭlus, 1. Anat. Órgano compuesto principalmente de fibras contráctiles. ~ estriado, 1. Anat. El que está formado por fibras musculares estriadas*, Diccionario de Lengua Española, Real Academia Española, 22ªed., 2001), que incluye tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos vasculares con sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo físicamente no separable del músculo. Salvo para el perímetro de antebrazo, el músculo fue estimado de los pliegues cutáneos corregidos por perímetros. No se hicieron ajustes para el perímetro de antebrazo porque el lugar de pliegue cutáneo adyacente no está incluido en la mayoría de los protocolos (Ross y Kerr, 1990).

Tejido óseo

El hueso (**Hueso**, del latín *ossum, 1. Cada una de las piezas duras que forman el esqueleto de los vertebrados. 10. pl. Restos mortales de una persona*, Diccionario de Lengua Española, Real Academia Española, 22ªed., 2001), está formado por tejido conectivo, incluyendo cartílago, periostio y músculo que no puede ser completamente removido por disección, nervios, vasos vasculares con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular. Los diámetros biacromial y biiliocrestal se incluyen desde que son importantes indicadores del dimorfismo entre hombres y mujeres. Para medir ambos miembros, el diámetro de húmero y fémur son duplicados. Como los niños tienen largas cabezas proporcionalmente, una escala de talla de medidas de cabeza podría representar desproporcionalmente la masa ósea en niños. Por tanto, la masa ósea de la cabeza se determina independientemente del resto del esqueleto óseo mediante la escala del diámetro de la cabeza del *Phantom*, no la estatura (Ross y Kerr, 1990).

Tejido residual

El tejido residual está formado por los órganos vitales y vísceras, incluyendo tejido conectivo, nervios, vasos vasculares con sangre coagulada y tejido adiposo que no puede ser separado físicamente de los órganos del tracto gastrointestinal (excluyendo la lengua, que se considera parte de la masa muscular de la cabeza). Los órganos sexuales, remanentes del mesenterio, el tracto bronquial, pulmones, corazón y grandes vasos y todos los demás tejidos y fluidos no están incluidos en las otras cuatro fracciones.

La asunción básica es que el tejido residual llena la cavidad torácica y puede ser determinado por el volumen del tórax. Desde que es independiente de la longitud de los miembros, los valores predictores son los valores Z del *Phantom*, escalas relacionadas con la talla sentado más que con la estatura (Ross y Kerr, 1990).La mayoría de los métodos se han diseñado para conseguir medir de forma precisa, en vivo, las diferentes dimensiones del cuerpo humano.

Tanto los perfiles denominados restringido o total pueden registrarse en la misma *Proforma* o en una *Hoja de recogida de datos* (véase Anexo II). La parte superior de la proforma incluye una sección en donde se completa la información demográfica, además del número de identificación del test o código, y del evaluador, nombre del evaluado, deporte, fecha de nacimiento y del día/hora del test, (para futuros análisis demográficos), sexo y país de nacimiento o raza. Tiene un lugar para colocar la altura de la caja antropométrica o banco (si se utiliza), así como un casillero para registrar los niveles de ejercicio físico y el día de la ultima menstruación en caso de ser una mujer en edad fértil.

La información sobre los patrones de ejercicio comprende un resumen de la actividad regular durante los doce últimos meses. Las primeras dos mediciones que se toman en el perfil antropométrico, es decir, el peso y la talla, también deberían anotarse en la parte superior de la proforma. Se pueden agregar variables específicas a algún deporte o población en especial o de discapacitados.

Protocolo restringido de medidas antropométricas

Las medidas indispensables o básicas que deben ser recogidas en todo estudio cineantropométrico son: talla, peso, nueve pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, bíceps, íleocrestal o supracrestal, supraespinal o íleoespinal, abdominal, muslo anterior, pierna medial, axilar), **cinco perímetros** (cuello, brazo relajado, brazo contraído y flexionado, antebrazo, cintura (mínima), cintura máxima, glúteos (cadera), y pierna o gemelar (máximo)) y tres diámetros (biepicondíleo de húmero, biestiloideo o de muñeca y bicondíleo de fémur).

La determinación de estas medidas nos permitirá identificar somatotipos, estimar la masa grasa, masa ósea, masa muscular esquelética, porcentaje de grasa corporal relativa (utilizando un número de ecuaciones predictivas), masa libre de grasa, y calcular índices del área de superficie corporal, índices de masa corporal (IMC o BMI), índice cintura/cadera, (ICCad) o índice cintura muslo (ICM), patrones de distribución de grasa y perímetros corregidos por los pliegues cutáneos.

También se pueden realizar otros cómputos de masa proporcional, como estimadores de obesidad, y ranking proporcionales de peso para utilizarlos como parámetros de comparación con otras poblaciones de interés.

Protocolo completo de medidas antropométricas

La proforma del protocolo completo de medidas antropométricas, aparte de la talla y el peso, añadimos la envergadura, incluye:

- **Diez pliegues cutáneos** (tríceps, subescapular, bíceps, íleocrestale o supracrestale, supraespinale o ileoespinale, abdominal, muslo anterior, pierna medial o gemelar, axilar y pectoral).
- **Catorce perímetros** (cefálico, cuello, brazo relajado, brazo contraído y flexionado, antebrazo (máximo), muñeca (estiloides distal), tórax (mesoesternal), cintura (mínima), o cintura máxima (en el caso de los obsesos), glúteos (caderas), muslo 1 (1 cm del glúteo), muslo 2 (a nivel del punto medio de la distancia trocantérea-tibial lateral), muslo 3 o medio a la altura de la pierna o pantorrilla (máximo) y tobillo mínimo o supramaleolar.
- **Catorce alturas/longitudes** (acromiale, acromiale-radiale, radiale, radiale-stylión, mydstylión-dactylión, stylión, dactylión ileoespinale, trochanteria, trochanteria-tibiale-laterale, tibiale laterale, tibiale mediale-sphyrión tibiale, longitud de pie y talla sentado).
- **Ocho diámetros** (biacromial, biileocrestal o bicrestal, transverso de tórax, antero-posterior de tórax, biepicondíleo de húmero, biestiloideo, bicondíleo de fémur y bimaleolar).

La determinación de estas medidas permitirá calcular somatotipos, porcentaje de grasa corporal relativa (utilizando un gran número de ecuaciones de regresión), índices del área de superficie corporal, índice de masa corporal, cocientes cintura/cadera, patrones de distribución de adiposidad y perímetros corregidos por los pliegues cutáneos, así como estimaciones de masas óseas, musculares, masa grasa y residual por medio de métodos de fraccionamiento de la masa corporal (Kerr, 1988; Drinkwater y Ross, 1980).

Al incluir las longitudes segmentarias, se pueden establecer, asimismo, análisis de proporcionalidad. También se pueden realizar cómputos de masa proporcional, ranking de proporcionalidad de peso y estimadores de obesidad para utilizarlos como parámetros de comparación con otras poblaciones de interés.

Todas las hojas de datos se adaptarán al estudio a realizar, pudiendo ampliar las medidas en función del mismo, por ser una población especial o por ampliar la evaluación de la zona corporal a evaluar como por ejemplo, los odontólogos para la realización de prótesis dentales, terapéuticas o preventivas para usar durante la práctica deportiva.

3.4.4. Variables fundamentales

Las variables susceptibles de estudio para un trabajo de cineantropometría pueden ser innumerables a lo largo de la superficie corporal. Consideramos *variables fundamentales* a un número limitado de variables que corresponden a aquellas mencionadas, con mayor asiduidad, en los protocolos de trabajo que siguen las recomendaciones en algunos casos de la ISAK o GREC-FEMEDE. El consenso en la identificación de las variables fundamentales, así como en otros grupos de variables es, precisamente, lo que permite comparar trabajos científicos de distinta procedencia.

Las medidas cineantropométricas se clasifican según sus dimensiones en **lineales:** tienen magnitudes físicas de longitud (L) como el cm o el mm; de **superficie:** con magnitudes bidimensionales (L^2) como el cm^2 y de volumen y masa (L^3). Los **volúmenes** se miden en unidades cúbicas como el cm^3. A su vez, las **masas** se miden en gramos o kg. Sin embargo, en cineantropometría ambos tipos de medidas tienen igual dimensionalidad.

3.4.5. Medidas lineales

Las medidas lineales se dividen, según los planos, los ejes en que se encuentran y la magnitud física medida en: alturas, longitudes, diámetros, perímetros y pliegues.

Al trabajar con población infanto-juvenil es necesario tener en cuenta que la fatiga del sujeto de estudio, se presenta con mayor facilidad que en población adulta, por lo que el cineantropometrista deberá vigilar en todo momento la posición del sujeto estudiado y corregirla cuando sea necesario, respetando periodos de descanso. En general una persona experta tardará una media de 30 min en función del número de medidas a tomar en su hoja de datos.

Alturas

Las alturas se definen como la distancia entre un punto anatómico y el plano de sustentación o suelo. Su unidad de medida normalmente será el centímetro.

Posición. El sujeto de estudio se sitúa en posición de atención antropométrica. En el registro de las alturas de la extremidad superior, el cineantropometrista vigilará que el individuo mantenga dicha extremidad suspendida a lo largo del cuerpo, las palmas de las manos y dedos extendidos mirando hacia el cuerpo, evitando apoyar los dedos sobre los muslos.

Impedirá cualquier movimiento de la extremidad superior durante la secuencia de medidas sobre ella. Hay que insistir en la correcta posición del sujeto de estudio, para evitar los errores de medida de tipo sistemático (Figura 3.1 y 3.29.b).

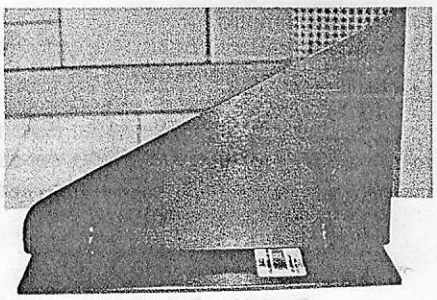


Figura 3.29.b. Escuadra metálica

Técnica de medición. El antropómetro debe estar constantemente en posición vertical, con desplazamiento de la rama móvil al punto anatómico correspondiente. Una vez estabilizado, se procederá a la lectura; para su correcto uso se debe emplear un fiel que controla la verticalidad exacta. También se puede realizar con una escuadra metálica (Figura 3.29.b) rígida (rama horizontal), aplicada al tallímetro (rama vertical), sito en la pared, formando un ángulo de 90°.

Talla, estatura o altura

Distancia entre el vértex y las plantas de los pies del sujeto de estudio medido en cm. Hay que tener en cuenta las variaciones circadianas. Generalmente los individuos dan una talla mayor por la mañana que por la tarde, pudiendo haber diferencias de hasta un 1% a lo largo del día (King, Carter, 1984).

Posición. La talla se debe medir, hasta los tres años, en posición supina, con las caderas y rodillas en extensión máxima (Lapunzina, Aiello, 2002). A partir de los tres años se medirá en bipedestación estirado y, para ello, permanecerá de pie, guardando la posición de atención antropométrica con los talones, glúteos; espalda y región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro o pared. La cabeza situada en el *Plano de Frankfort.*

Técnica. El sujeto de estudio realizará una inspiración profunda en el momento de la medida. Puede ser ayudado por el cineantropometrista, que efectuará una leve tracción en dirección ascendente con la mano situada en el maxilar inferior y los pulpejos de los dedos índice y medio en ambos procesos, mastoideo o en la región cervical, para corregir el acortamiento de los discos intervertebrales. El cineantropometrista emplazará la rama móvil del tallímetro firmemente sobre el vértex, aplastando el pelo al máximo. La medida se toma al final de la inspiración profunda (Figura 3.2).

Instrumento de medida: tallímetro. En niños menores de tres años se utiliza el estadiómetro.

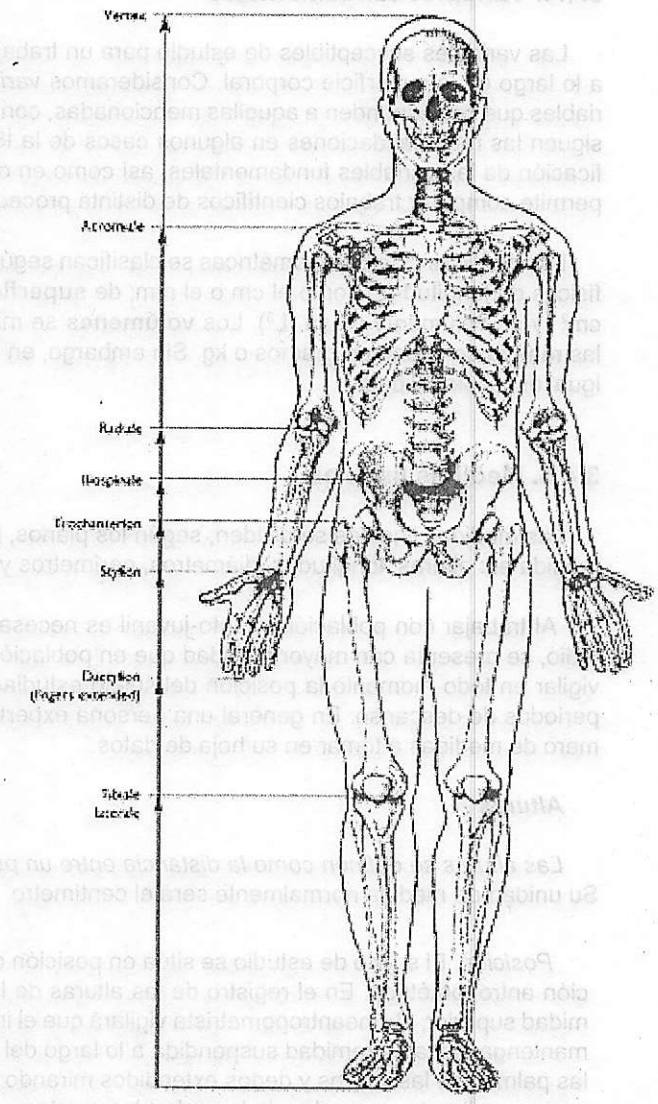


Figura 3.30. Mediciones de altura para determinar las longitudes segmentarias proyectadas (Antropométrica; Norton y cols., 2000)

Talla o altura sentado

En posición sentada, distancia entre el vértex y el plano de sustentación, o bien la porción más inferior de la pelvis del sujeto.

Posición. El individuo se sienta en un banco antropométrico de altura conocida, cabeza en el *Plano de Frankfort*, tronco erecto, formando un ángulo de 90° con la horizontal, muslos a la misma altura que la articulación de la rodilla que forma un ángulo de 90°, manos apoyadas en los muslos y los pies apoyados en el suelo o plano de sustentación. La espalda y la región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro o del antropómetro (Figura 3.31).

Técnica. El sujeto de estudio mantendrá la mirada al frente y realizará una inspiración profunda en el momento de la lectura. El cineantropometrista le ayudará con una leve tracción en dirección ascendente desde el maxilar inferior.

Instrumento. Antropómetro o tallímetro. Banco de altura conocida en cm. Si es posible, colocaremos el punto cero del instrumento de medida a nivel del asiento del banco, en caso contrario, la lectura de la medida se realizará restando a la lectura final la altura del banco (medida indirecta), o tomando el cero de la medida a nivel de la superficie del banco (medida directa), situando la rama móvil horizontal del mismo paralela al plano de sustentación de vértex (Figura 3.31).

Figura 3.31. Talla sentado

Figura 3.32. Altura *acromiale*

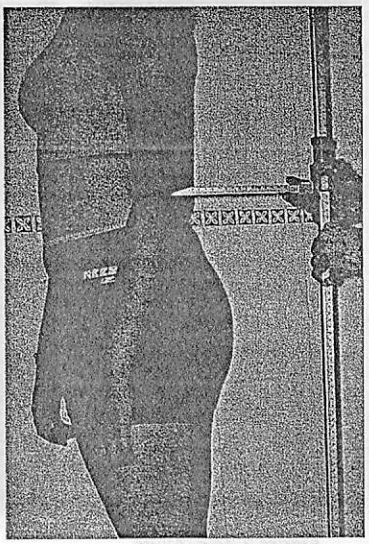


Figura 3.33. Altura *radiale*

Algunos autores utilizan los términos altura sentado y altura del tronco indistintamente, lo que no es correcto. La altura del tronco, tomada de la misma manera es la distancia entre el punto cervical y el plano de sustentación, excluyendo por tanto la altura de la cabeza.

Altura Acromiale: distancia desde el punto acromial al plano de sustentación (Figura 3.32.).

Altura Radiale: distancia desde el punto radial al plano de sustentación o suelo (Figura 3.33).

Altura Ileoespinale: distancia desde el punto ileoespinal al plano de sustentación (Figura 3.25. a,b,c,d y 3.34. a y b).

Técnica. Se mide la altura desde la parte superior de la caja hasta el punto ileoespinal. El sujeto se sitúa con los pies juntos, frente a la caja, de forma que los dedos del pie se ubiquen por debajo del cajón antropométrico, introduciéndose en el hueco que se encuentra en la parte inferior hasta tocar las rótulas con el cajón. El evaluador se sitúa lateralmente. La base o rama fija del calibre es colocada en la cara superior del banco orientado verticalmente hacia arriba, el brazo móvil del segmómetro es ubicado en la marca del punto ileoespinal (la altura de interés es la altura desde el piso o suelo hasta la marca ileoespinal. Esto se obtiene agregando la altura de la caja o banco, a la altura registrada en la proforma u hoja de recogida de datos (longitud cajón-marca ileoespinal), es decir, la medida es el cajón más la medida realizada. Si el cajón no tiene hueco para los pies, se ponen abiertos 90°, y en el interior del ángulo se introduce la esquina del cajón, posteriormente se toma la medida según se ha referido anteriormente, (Figura 3.34.a).

Altura Trocantérea o Trochanteria: distancia desde el punto trocantéreo al plano de sustentación.

Técnica. Es la altura desde el borde superior de la caja hasta la marca trocantérea. El sujeto se coloca con los pies juntos, y la cara lateral de su pierna derecha contra el cajón. La base o rama fija del calibre es colocada en el borde superior de la caja, y el mismo es orientado verticalmente hacia arriba, ubicando el extremo del brazo móvil en la marca trocantérea (la altura de interés es la altura desde el piso hasta la marca trocantérea).

Esto se obtiene agregando la altura de la caja a la altura registrada en la hoja de recogida de datos de datos, como la longitud caja-marca trocantérea. Se sujeta el hombro contrario a la medición con la mano correspondiente al lado de la medición, y la otra mano levanta el pantalón por el lado de la medida, facilitando la misma (Figura 3.26; 3.30; 3.5. e y f).

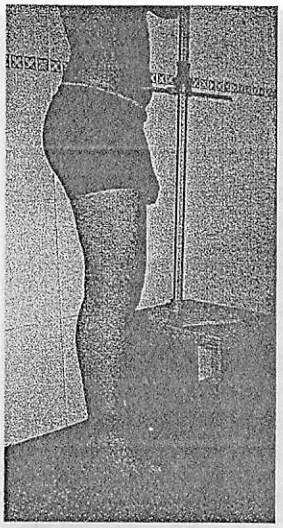


Figura 3.34.a. Altura supraespinale V. lateral

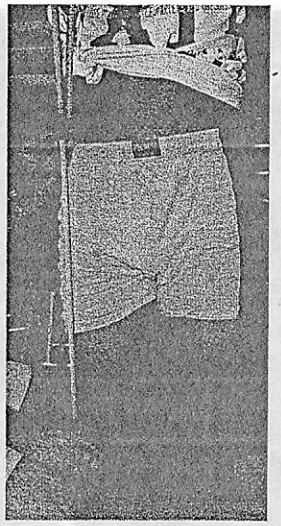


Figura 3.34.b. A.supreaespinale V. ventral

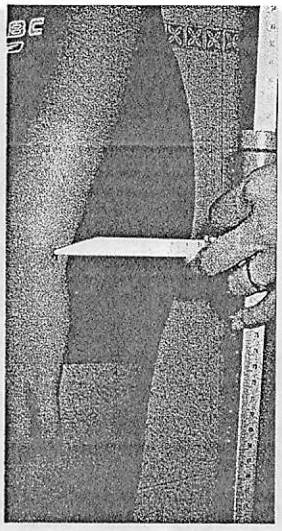


Figura 3.34.c. Altura estiloidea

Figura 3.34.d. Altura tibiale laterale

Altura estiloidea: distancia del punto estiloideo al plano de sustentación (Figura 3.34.c).

Altura dedal: distancia del punto dedal medio o dactylión al plano de sustentación.

Altura tibiale laterale: distancia entre el piso (o borde de la caja cuando el sujeto se coloca sobre la misma) y la marca tibial lateral. Normalmente se coloca al sujeto sobre la caja, mientras la base o rama fija del calibre, se sitúa en el borde de la misma, y el brazo móvil en la marca tibial lateral. El calibre debe sostenerse en el plano vertical. Luego se mide la altura desde la marca tibial lateral hasta el borde superior de la caja (Figura 3.20).

Altura maleolar tibial: distancia del punto maleolar tibial al plano de sustentación.

Altura maleolar peroneal: distancia del punto maleolar peroneal al suelo.

Longitudes

Las longitudes o segmentos corporales se definen como la distancia existente entre dos puntos anatómicos (véase capítulo 9, Figura 9.4.a y 3.30).

Posición. El sujeto de estudio se sitúa en posición antropométrica.

Técnica de medición. Existen dos métodos para medir longitudes, uno directo y el otro indirecto.

a. **Método directo:** se realizan mediciones directas de los segmentos corporales. Para ello utilizamos calibradores grandes por desplazamiento, segmómetros o cintas antropométricas (Figura 3.38.a, b, c y d).
b. **Método indirecto:** se mide la distancia vertical entre puntos anatómicos y el plano de sustentación, o suelo, con un antropómetro. El sujeto de estudio adopta una posición erecta con los pies juntos.

Con esta metodología obtenemos las longitudes o segmentos corporales extrapolados, ya que adquirimos las medidas mediante de la diferencia entre dos datos obtenidos directamente (Figuras 3.32 y 3.33).

Investigaciones previas han demostrado que los errores son más frecuentes cuando se utiliza el método indirecto de segmentos extrapolados para medir longitudes del cuerpo. Por tanto, se recomienda el método directo para realizar este tipo de medidas.

Figura 3.36.a.
Longitud brazo

Figura 3.36.b.
Longitud antebrazo

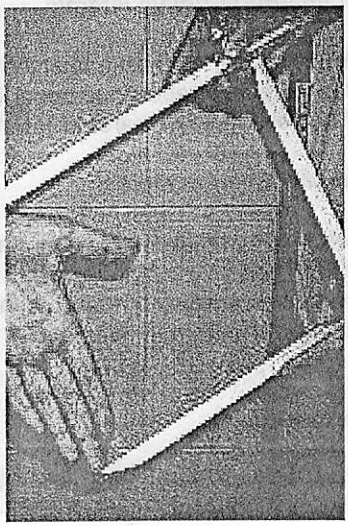


Figura 3.36.c.
Longitud mano

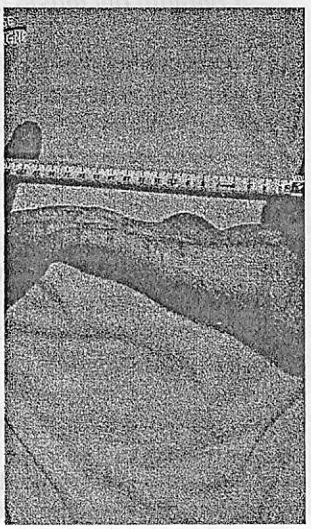


Figura 3.36.c.
Longitud mano

Longitud de la extremidad superior: distancia entre los puntos acromial y dedal medio o dactylión.

Longitud del brazo o acromiale-radiale: distancia entre los puntos acromial y radial (Figura.3.36.a).

Longitud del antebrazo o radiale-Stylión o Radial-Estiloidea: distancia entre los puntos radial y estiloideo radial o externo (Figura 3.36.b).

Longitud de la mano o medioestiloidea-digital: distancia entre los puntos medio biestiloideo y digital (Figura 3.36.c y d).

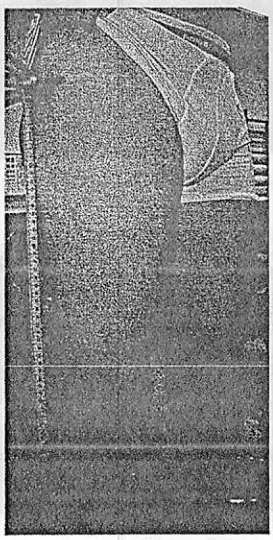


Figura 3.37.a.
Longitud de muslo

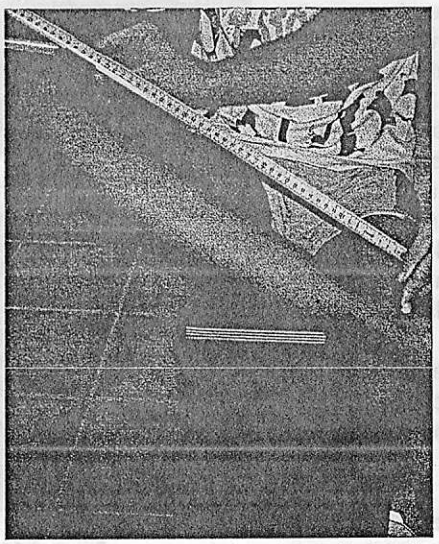


Figura 3.37.b.
Longitud tibial

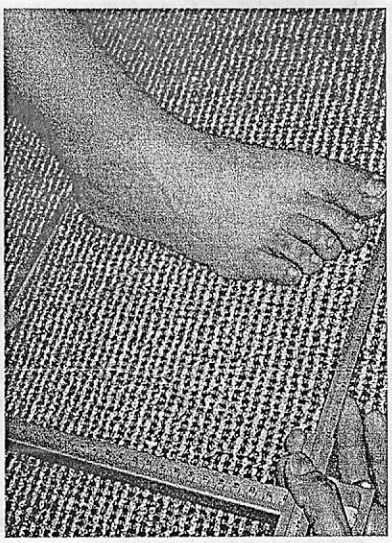


Figura 3.37.c.
Longitud del pie

Longitud del muslo o trochanteria-tibiale laterale

Distancia entre el punto trocantéreo y el tibial. Puede obtenerse de la diferencia entre la altura trocantérea y la tibial, o con la pierna del sujeto reposando sobre el cajón, y aplicando uno de los extremos del calibre en la marca trocantérea y el otro en la marca tibial lateral (Figura 3.37.a).

Longitud tibial o tibial tedial-maleolar medial

Distancia entre los puntos o marcas tibial medial y maleolar medial. El sujeto podría sentarse en la caja con el tobillo derecho cruzado y apoyado sobre la rodilla izquierda. Esta posición debería presentar la cara medial de la pierna en un plano cercano al horizontal. Para medirla, uno de los extremos del calibre se coloca en la marca tibial medial y el otro en la marca maleolar medial o tibial. (Figura 3.37.b)

Longitud pierna o tibiale laterale

Distancia entre el punto tibial lateral y el maléolo peroneal. Se obtiene de la diferencia entre la altura tibial lateral y la maleolar del peroné o lateral (Figura 3.20)..

Longitud del pie

Distancia entre los puntos anatómicos anterior (*akropodión*) y posterior del talón del pie (*pternión).* El cineantropometrista se sitúa a la derecha del sujeto de estudio, que está parado con el peso repartido equitativamente entre ambos pies, y aplica las ramas del antropómetro en los puntos señalados, siendo el punto distal del dedo más sobresaliente (que podría ser la falange del 1º o 2º dedo), manteniendo el mismo paralelo al eje longitudinal del pie, y se debe aplicar una presión mínima. Es más conveniente para el evaluador si el sujeto se para sobre el cajón o banco (Figura 3.37.c).

Envergadura

Técnicamente no se trata de una medida de longitud ni de un diámetro, pues aunque tiene características de ambos, la naturaleza conjunta del objeto a medir, es decir, la distancia máxima entre el extremo de los dedos medios de la mano derecha e izquierda, medida en cm, no se ajusta con exactitud a ninguno de los dos grupos.

Posición. El individuo se coloca apoyando la espalda en la pared, con los pies juntos y los miembros superiores en abducción a la altura de los hombros, en posición horizontal, formando un ángulo de 90º con el tronco (Figura 3.38). A menudo, es útil utilizar un rincón de la habitación como uno de los extremos de medición, porque de esta forma sólo se necesitará hacer una única marca en la pared o tabla. Algunos autores colocan al sujeto de estudio frente a la pared, aunque para evitar posibles errores debido a un tórax grande, el sujeto coloca su espalda contra la misma.

Técnica. En el momento de hacer la medida se intenta que el sujeto de estudio alcance la máxima distancia posible entre los puntos dedales medios.

Instrumento. Antropómetro o escala métrica fijada a la pared, y paralela a la horizontal del suelo o cinta antropométrica.

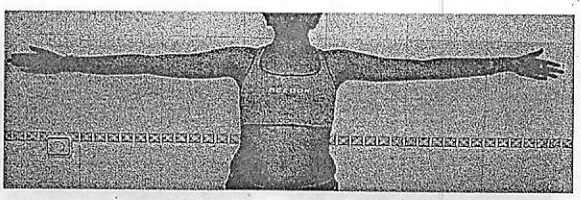


Figura 3.38.a. Envergadura: posición del sujeto

Figura 3.38.b. La *troika* ayuda a la recogida de la medida

3.4.6. Diámetros

Un diámetro es la distancia entre dos puntos antropométricos simétricos, localizadas en el mismo plano transversal respecto al eje del tronco o respecto al eje del miembro correspondiente.

Posición. El sujeto de estudio mantendrá la posición de atención antropométrica.

Instrumento. Antropómetro o calibre deslizante grande con ramas rectas o curvas para grandes diámetros; y paquímetro o calibres deslizante pequeño o calibres de ramas curvas para pequeños diámetros.

Técnica. Las ramas de ambos instrumentos se cogen entre el dedo pulgar e índice, descansando la escala sobre el dorso de la mano. El dedo medio se utiliza para localizar el punto anatómico deseado. Hay que aplicar una presión firme sobre las ramas para minimizar el espesor de los tejidos blandos. Es preferible, en todo caso, que al aplicar las ramas del antropómetro, se coloquen palpando simultáneamente los puntos de referencia con el dedo medio por debajo de las ramas, de esta manera se mantiene permanentemente la correcta colocación del antropómetro, (Figuras 3.43 y 3.44).

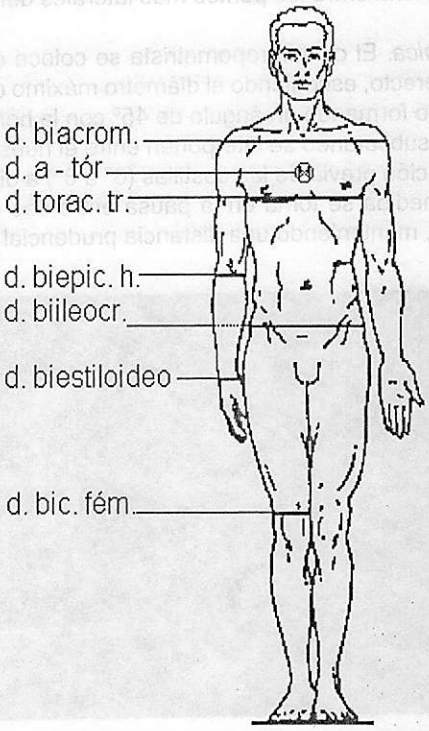


Figura 3.39. Diámetros óseos

Diámetro biacromial

Distancia entre los puntos acromiales derecho e izquierdo.

Técnica. El cineantropometrista se sitúa detrás del sujeto de estudio, que puede estar en posición de bipedestación o sedestación, y las ramas del antropómetro miran hacia arriba formando un ángulo de 45° con la horizontal, colocándose su extremo sobre los puntos más laterales de los procesos acromiales. Normalmente esto no coincide con las marcas acromiales previamente marcadas que, por lo general, son levemente superiores (no mediales, y anteriores) a estos puntos laterales (Figura 3.40 y 3.41). Se debe aplicar presión firme para comprimir los tejidos sobresalientes; en este caso músculo deltoides hipertrofiado.

Las mediciones del diámetro biacromial y las mediciones del miembro inferior tienen una amplia precisión en la reproducibilidad de los datos; siendo el resto de las mediciones menos precisas y más susceptibles a los errores inherentes que conllevan los estudios con medidas (Behnke, 1961).

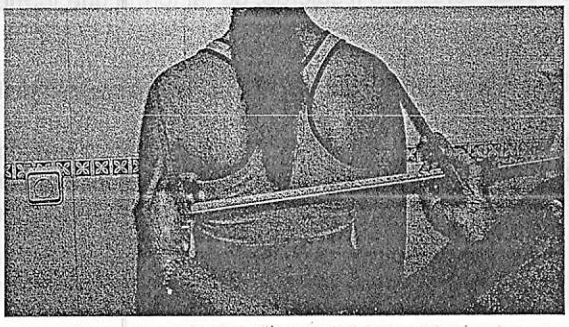


Figura 3.40.a. Diámetro anteroposterior del tórax

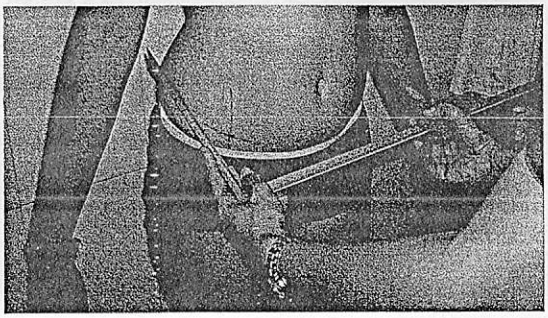


Figura 3.40.b. Diámetro bicrestal

Diámetro transverso del tórax

Distancia entre los puntos más laterales del tórax sobre el eje transversal (Figura 3.40.a).

Técnica. El cineantropometrista se coloca delante del sujeto de estudio que estará sentado y con el tronco erecto, escogiendo el diámetro máximo del tórax. Las ramas del antropómetro estarán dirigidas hacia abajo formando un ángulo de 45° con la horizontal. Debe tenerse cuidado para asegurar que solo piel y tejido subcutáneo se interponen entre el hueso y las ramas del antropómetro, para ello, ha de realizarse la palpación previa de las costillas (6ª a 8ª) a dicho nivel.

La medida se toma en la pausa entre dos ciclos respiratorios normales, al final de la espiración, no forzada, manteniendo una distancia prudencial (Figura 3.42).

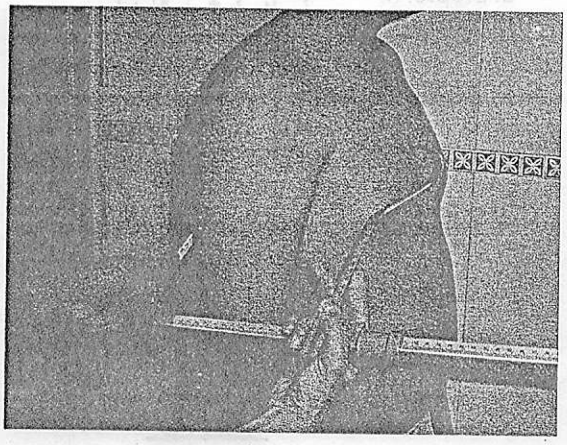


Figura 3.41. Diámetro anteroposterior del tórax

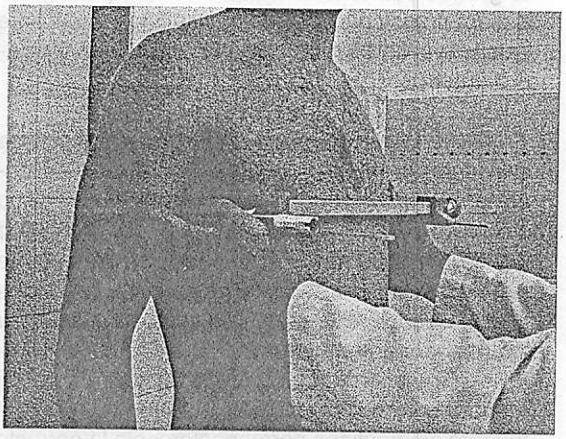


Figura 3.42. Diámetro transverso del tórax

Diámetro antero-posterior del tórax o profundidad

Distancia entre el punto mesoesternal del tórax y la apófisis espinosa de la columna vertebral, según el eje mediosagital a este nivel y paralelo al plano de sustentación (Figura 3.23.a, b y c; y 3.41).

Técnica. El cineantropometrista se coloca en el lado derecho del sujeto de estudio que estará sentado en posición erecta. El antropómetro o compás de ramas curvas se aplica sobre el hombro derecho del estudiado, con las ramas hacia abajo hasta localizar los puntos anatómicos. La medida se tomará en la pausa entre dos ciclos respiratorios normales, al final de la espiración, siendo esta no forzada, y se leerá por la parte posterior o dorsal.

Diámetro biíleocrestal o bicrestale o bicrestae

Distancia entre los puntos anatómicos óseos, íleocrestal derecho e izquierdo, de tal forma que formen el diámetro más ancho posible (Figura 3.40.b).

Técnica. El cineantropometrista se sitúa frente al sujeto de estudio que cruzará los brazos por delante para facilitar la medida.

Se palparán las crestas iliacas con los dedos medios, mientras las ramas del antropómetro apuntan hacia arriba, formando un ángulo de 45° con la horizontal, comprimiendo con firmeza el tejido subcutáneo en un esfuerzo por minimizar al máximo el posible error achacable al depósito de tejido graso en dicha localización.

Diámetro biepicondíleo de húmero

Distancia entre el epicóndilo y la epitróclea del húmero (Figura 3.43).

Técnica. El cineantropometrista se sitúa delante del sujeto de estudio que tendrá el brazo horizontal en antepulsión y el antebrazo a 90° y en supinación. Las ramas del paquímetro apuntan hacia arriba, en la bisectriz del ángulo recto formado al nivel del codo, un ángulo inferior a 45°. La medida es algo oblícua, por estar la epitróclea en un plano algo inferior al epicóndilo. Para facilitar dicha medida es preferible, al situar las ramas del paquímetro, determinar simultáneamente los puntos de referencia con ambos dedos índices, lo cual nos permite evitar errores en la medida al prevenir una angulación del húmero. La medida, se redondea hacia abajo.

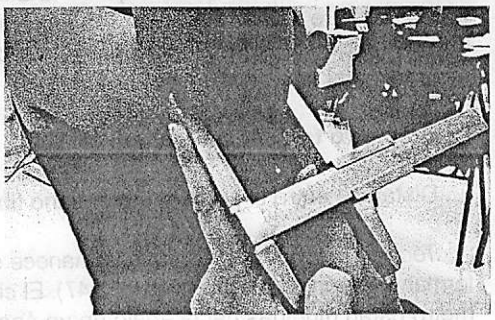


Figura 3.43. Diámetro biepicondíleo del húmero

Diámetro biestiloideo (muñeca)

Distancia entre las apófisis estiloides del radio y cubito.

Técnica. El cineantropometrista se sitúa delante del sujeto de estudio que permanecerá sentado con el antebrazo en pronación sobre el muslo o en una superficie rígida y plana, la mano flexionada con la muñeca en un ángulo inferior de unos 90° mostrando su dorso. Las ramas del paquímetro están dirigidas hacia abajo en la bisectriz del ángulo de la muñeca.

Diámetro transverso de la mano

Distancia entre el punto metacarpiano lateral y medial (Figura 3.18 y 3.44).

Técnica. El sujeto de estudio colocará la palma de la mano con los dedos juntos sobre una superficie plana y rígida. Las ramas del paquímetro están dirigidas hacia abajo en un ángulo de 45°. Indicar al sujeto de estudio que la palma debe estar toda ella sobre la superficie, de esta manera se evita el arco palmar natural que tiene y se disminuye, en lo posible, el error de medida.

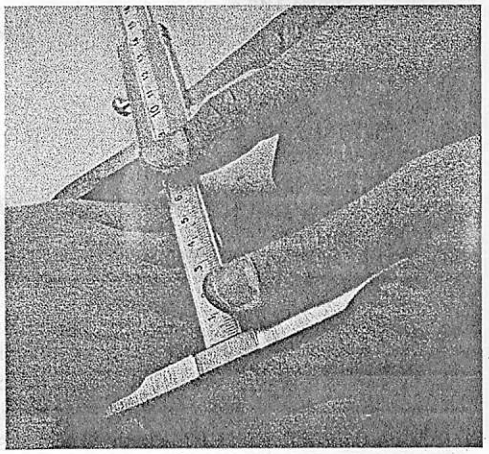


Figura 3.44. Diámetro transverso de la mano

Diámetro bicondíleo del fémur

Distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur Figura 3.45).

Técnica. El cineantropometrista se sitúa delante del sujeto de estudio que permanece sentado y con la rodilla flexionada a 90°. Las ramas de calibre pequeño miran hacia abajo, en la bisectriz del ángulo recto formado al nivel de la rodilla. Si existe mucho desarrollo del vasto interno, se le pide que desplace hacia delante el pie para relajarlo. Se hace círculos sobre los epicóndilos, y si hay duda, se desliza posteriormente. Apretar para eliminar el error causado por la piel y grasa.

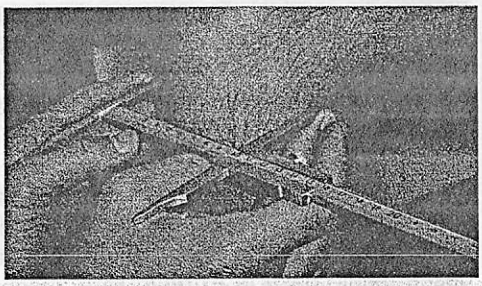


Figura 3.45. Diámetro bicondíleo del fémur

Diámetro bimaleolar

Distancia entre el punto maleolar tibial y peroneo.

Técnica. El sujeto de estudio está sentado con los pies separados por una distancia de 0,1524 m. y apoyado en el suelo formando un ángulo de 90°. El cineantropometrista se sitúa por delante y las ramas

del compás apuntan hacia abajo en la bisectriz del ángulo recto formado a nivel de la articulación del tobillo, aunque algunos autores señalan una lectura de las ramas del compás apuntando hacia arriba en un ángulo de 45°. La medida es algo oblicua, por estar el maléolo peronéo en un plano algo inferior al maléolo tibial.

Diámetro transverso del pie

Distancia entre el punto metatarsiano tibial y perineal.

Técnica. El sujeto de estudio permanece sentado con el pie apoyado en el suelo o base de sustentación, formando un ángulo de 90° (Figura 3.47). El cineantropometrista se sitúa por delante, y las ramas del paquímetro están dirigidas hacia abajo en un ángulo de 45°.

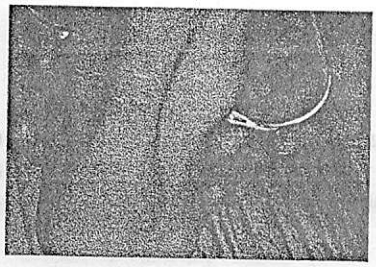


Figura 3.46.a.
Diámetro bimaleolar

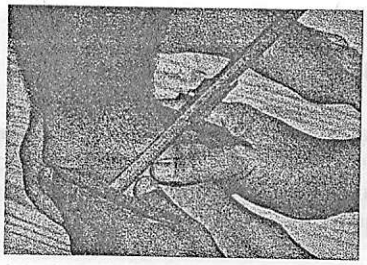


Figura 3.46.b.
Diámetro bimaleolar visión dorsal

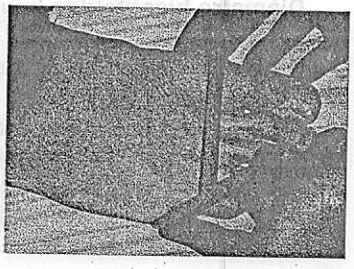


Figura 3.47.
Diámetro trasversal del pie

3.4.7. Perímetros

Los perímetros son medidas lineales con origen y destino en el mismo punto (Figura 3.48). El sujeto de estudio se sitúa en posición de atención antropométrica.

Técnica. La técnica utilizada para medir perímetros se conoce como **técnica de las manos cruzadas.** La lectura de las medidas se realiza en la cinta antropométrica, donde el cero de medición está situado en una posición más lateral que medial en el sujeto de estudio. La cinta se pasa alrededor de la zona que se va a medir, manteniendo una presión constante que no comprima los tejidos blandos. La presión constante se consigue cuando la piel carece de indentaciones y la cinta se mantiene firme sobre la posición seleccionada.

El cineantropometrista sostiene la cinta métrica con la mano derecha y el cabo o extremo libre en la izquierda. Enfrentado al segmento corporal que se desea medir, pasa el extremo libre alrededor de la parte posterior del lugar medido, para recogerlo con la mano izquierda, que en este momento sujeta el cabo libre y la funda de la cinta antropométrica con la mano derecha. Así, mantenemos la mano izquierda libre para manipular la cinta hasta la posición adecuada.

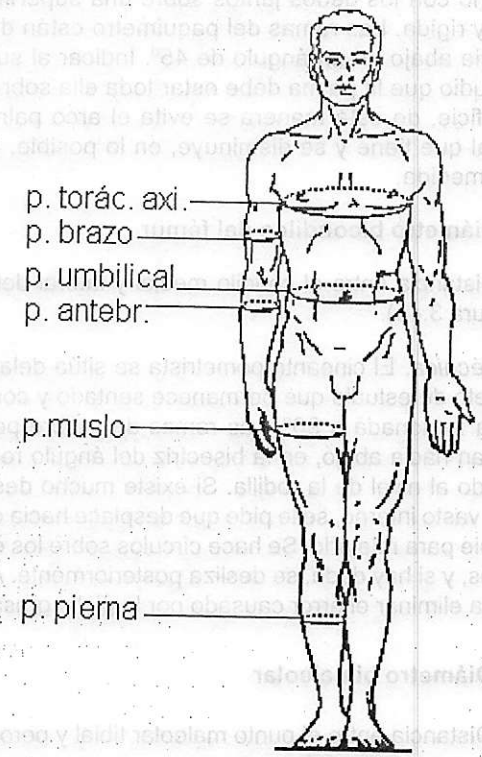


Figura 3.48. Perímetros corporales

Se aplica una tensión suficiente a la cinta métrica con la mano derecha para mantenerla en la posición deseada, mientras que la mano izquierda se sitúa debajo de la funda de la cinta para agarrar el extremo libre nuevamente. La cinta antropométrica se encuentra en este momento alrededor del segmento corporal que debe ser medido.

Se ayudará con los dedos medios de ambas manos, que se encuentran libres, para asegurar la localización correcta del punto anatómico elegido, orientar la cinta métrica de tal forma que el cero de medición sea accesible y se pueda observar con facilidad y, finalmente, mantener la cinta métrica en la posición correcta, conservando el ángulo recto con el eje del hueso o del segmento corporal que se mida. La cinta métrica se pasa alrededor de la zona que se va a medir, sin comprimir los tejidos blandos pero tensa y bien pegada a la piel. La lectura se hace en el lugar en que la cinta se yuxtapone sobre sí misma asegurando la contigüidad de los dos extremos de la cinta antropométrica en la determinación del perímetro correspondiente.

En todas las ocasiones, el extremo libre pasa caudal o por debajo del otro extremo durante la medición. La lectura de la cinta métrica debe hacerse con los ojos del cineantropometrista a la misma altura que la cinta, para evitar errores por falta de paralelismo. Instrumento: cinta métrica flexible inextensible y metálica homologada (Figuras 3.53 y 3.56).

Perímetro cefálico

Máximo perímetro de la cabeza cuando la cinta se sitúa por encima de la glabela (punto medio entre las cejas) (Figura 3.49).

Técnica: El sujeto de estudio está en sedestación o en bipedestación y con la cabeza en el Plano de Frankfort. La cinta está perpendicular al eje del cuerpo, apoyada en la cabeza a una altura inmediatamente superior a la glabela. Se hará una fuerte presión para disminuir la influencia del pelo por efecto de compresión. Se requieren los dedos medios de ambas manos a los lados de la cabeza para asegurar la cinta antropométrica y evitar que se deslice por la misma. No se incluyen las orejas. No debe existir ningún artículo en el pelo que interfiera con la medida.

Figura 3.49. Perímetro cefálico

Perímetro del cuello

Circunferencia del cuello, por encima del cartílago tiroides (nuez de Adán).

Posición. El sujeto de estudio está sentado o en posición de pie y con la cabeza en el Plano de Frankfort.

Técnica. La cinta se colocará apoyada en el cuello y situada inmediatamente por encima de la nuez de Adán. La localización de la cinta antropométrica es perpendicular al eje vertical del cuello, lo cual no implica que necesariamente sea un plano horizontal paralelo al plano de sustentación. Es importante apoyar la cinta sin realizar presión sobre el cuello, ya que en esta región, los tejidos son fácilmente compresibles (Figura 3.50).

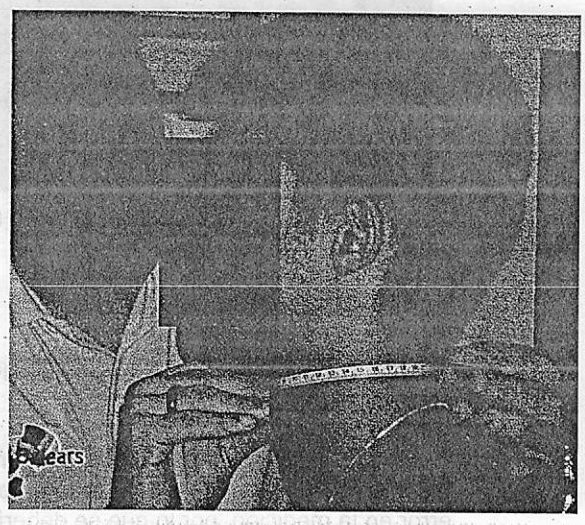


Figura 3.50. Perímetro del cuello

Perímetro torácico-axilar o perímetro mesoesternal

Circunferencia que rodea al tórax al niyel del punto mesoesternal, a la altura de la axila a nivel de la cuarta articulación condroesternal.

Posición y técnica. El sujeto de estudio abduce el brazo ligeramente para que el cineantropometrista, situado lateralmente en su lado derecho, coloque la cinta alrededor del tórax manteniéndola perpendicular al eje longitudinal del cuerpo y horizontal al suelo, cruzando por el punto mesoesternal. El individuo vuelve a la posición estándar y se toma la medida al final de una espiración normal, no forzada, con los brazos relajados, colgando a ambos lados del cuerpo. Hay que tener cuidado para que la cinta no se desvíe del plano horizontal (Figura 3.23. a y b).

Otros autores sitúan este perímetro en la curvatura interna del borde lateral de la caja torácica, donde el músculo *latissimus dorsi* cruza los músculos de la cintura escapular, aproximadamente un centímetro por encima de la línea que une ambos pezones pectorales.

Perímetro de la cintura o abdominal 1

Circunferencia del abdomen en su menor perímetro, en la mayoría de las ocasiones se coloca la cinta métrica aproximadamente en el punto medio de la distancia entre el reborde costal inferior y la cresta ilíaca y por la parte anterior entre el apéndice xifoides y el ombligo.

Técnica. El cineantropometrista se sitúa enfrentado al sujeto de estudio para localizar la ubicación señalada. La medición se toma al final de una espiración normal, no forzada, con los brazos relajados colgando a ambos lados del cuerpo y la cinta métrica paralela a la línea de la sustentación (Figura 3.51).

Otros autores sitúan este perímetro justo debajo del reborde costal inferior, en el punto medio entre la apófisis xifoides del esternón y el ombligo, porque consideran este como el punto de menor circunferencia abdominal (Figura 3.51). En caso de personas obesas difíciles de medir, se recoge el dato de la cintura máxima con la cinta paralela al plano de sustentación.

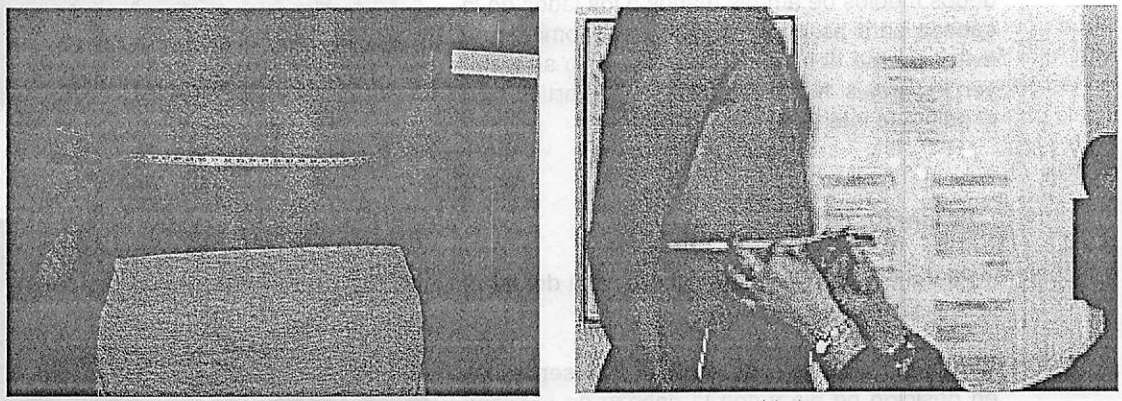


Figura 3.51. Perímetro de la cintura o abdominal 1. Visión dorsal y lateral derecha

Perímetro umbilical o abdominal 2

Circunferencia que pasa por el ombligo en su visión ventral, así como en la visión lateral a nivel de las crestas ilíacas.

En las personas obesas u obesas mórbidas, con el abdomen globoso y caído, se presenta una dificultad añadida porque la cinta métrica no estaría paralela a la línea de sustentación, desencadenando un error en la medición, por lo que se debería considerar, en estas circunstancias, el perímetro máximo con

la cinta métrica paralela al suelo que, generalmente está supraumbilical, e indicarlo en la hoja de recogida de datos como perímetro abdominal 3.

Perímetro abdominal medio es el sumatorio de perímetro abdominal 1 más el perímetro abdominal 2. Se utiliza en el cálculo del porcentaje de grasa corporal en obesos.

Técnica. El cineantropometrista se sitúa enfrentado al sujeto de estudio para localizar la ubicación señalada.

Perímetro de la cadera (perímetro pélvico o de los glúteos)

Perímetro en el nivel de la mayor circunferencia glútea, que coincide en la región anterior del cuerpo, aproximadamente por encima de la sínfisis púbica (Figura 3.52).

Posición. El sujeto de estudio mantendrá una posición de pie, colocará los brazos cruzados sobre el pecho o ligeramente separados hacia delante, para no interferir la medida, con los pies juntos y sin contraer los músculos glúteos.

Técnica. El cineantropometrista se coloca lateralmente en su lado derecho para asegurarse que la cinta se encuentra en un plano horizontal mientras se realiza la medición.

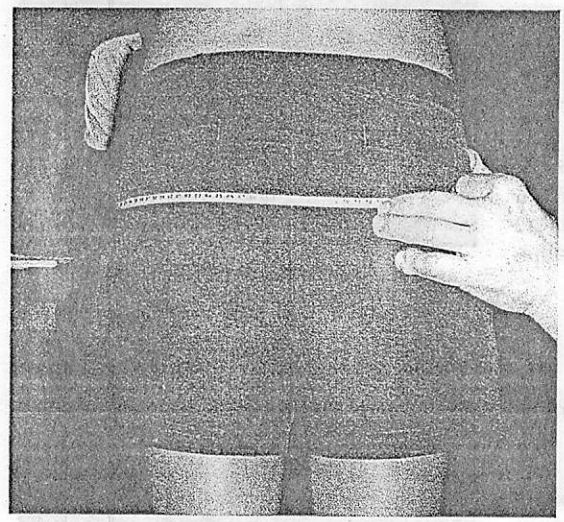


Figura 3.52.a. Perímetro de la cadera. Visión dorsal

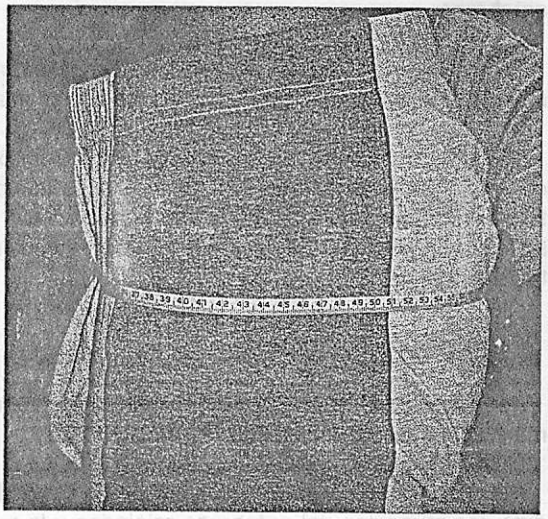


Figura 3.52.b. Perímetro de la cadera. Visión lateral

Perímetro del brazo relajado

Perímetro que pasa por el punto medio de la distancia acromio-radial (Figura 3.53).

Posición. El sujeto de estudio está en posición de atención antropométrica con los brazos relajados colgando a ambos lados del cuerpo.

Técnica. La cinta métrica se emplaza perpendicular al eje longitudinal del húmero, coincidiendo aproximadamente con su punto medio, y el punto entre las dos partes de la cinta y se marca el bíceps por arriba de la cinta y tríceps por debajo.

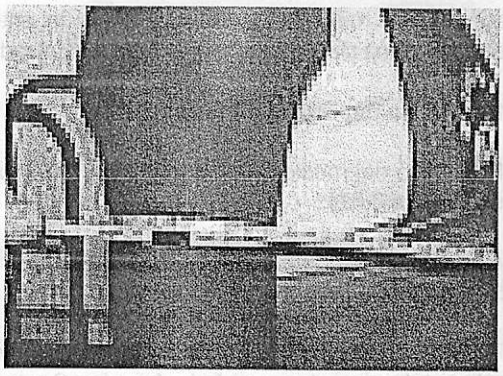


Figura 3.53. Perímetro del brazo relajado

Perímetro del brazo contraído y flexionado en máxima tensión

Circunferencia máxima del brazo en contracción isométrica voluntaria.

Posición. El sujeto de estudio se encuentra en posición erecta, con el brazo en anteversion y horizontal. El antebrazo se coloca en supinación completa y a 45° aproximadamente de flexión (Figura 3.54).

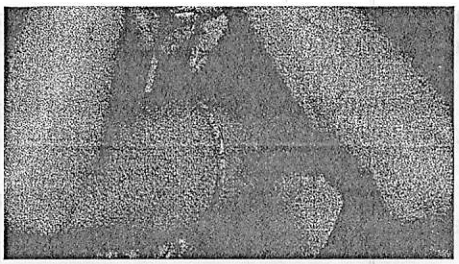


Figura 3.54. Perímetro del brazo contraido

Técnica. El cineantropometrista se coloca en el lado derecho, con la cinta métrica colgada y en la posición deseada. El individuo flexiona parcialmente el músculo bíceps para identificar la localización correcta. Disminuyendo ligeramente la presión sobre el extremo más próximo a la funda, se le pide al sujeto que cierre el puño, dirija su mano hacia el hombro de tal forma que el codo forme un ángulo de 45° y con la otra mano se sujete la mano derecha haciendo contraresistencia, y se le anima a realizar a una contracción intensa voluntaria, tensando al máximo los músculos flexores del brazo, tomando el máximo perímetro alcanzado.

Perímetro de brazo corregido = P. de brazo contraído y flexionado – π • Pl. tríceps

Perímetro del antebrazo. Circunferencia máxima del antebrazo.

Posición. El sujeto de estudio está con el codo extendido, los músculos del antebrazo relajados y la mano en supinación.

Técnica. El cineantropometrista buscará la máxima circunferencia del antebrazo que normalmente suele encontrarse inmediatamente distal al codo y no está a más de siete centímetros por debajo de la cabeza radial en el adulto (Figura 3.55).

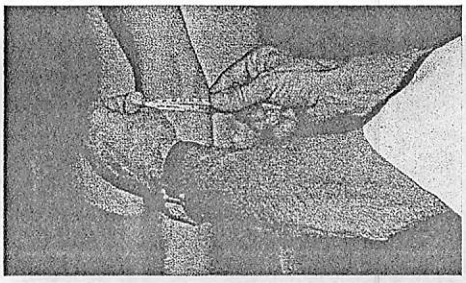


Figura 3.55. Perímetro del antebrazo

Perímetro de la muñeca

Perímetro distal de la muñeca, coincidiendo con la mínima circunferencia del antebrazo (Figura 3.56).

Posición. El sujeto de estudio se sitúa con el codo extendido, los músculos del antebrazo relajados y la mano con la palma hacia arriba.

Técnica. El cineantropometrista se coloca frente al individuo y sitúa la cinta métrica perpendicular al eje del antebrazo. La medida se toma distal a la apófisis estiloides del radio y cubito.

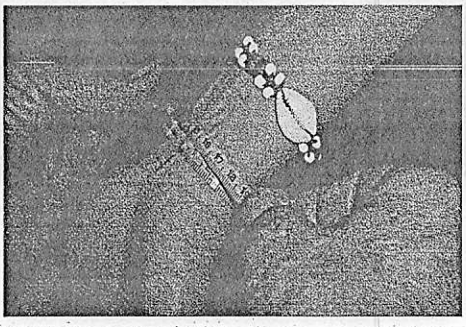


Figura 3.56. Perímetro de la muñeca

Perímetro del muslo 1 (1 cm)

Perímetro del muslo un centímetro por debajo del pliegue glúteo, perpendicular al eje longitudinal del muslo (Figura 3.57).

Posición. El sujeto de estudio está en bipedestación, con las piernas ligeramente separadas y el peso distribuido por igual.

Técnica. El cineantropometrista mantiene la cinta métrica perpendicular al eje longitudinal del fémur, situándose lateralmente en su lado derecho. Se desplaza la cinta alrededor del segmento inferior del muslo y se desliza en dirección ascendente hasta la posición correcta.

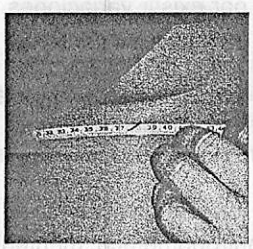


Figura 3.57.a. Perímetros del muslo. Situado a 1 cm

Figura 3.57.b. Perímetros del muslo. Localización punto muslo medio

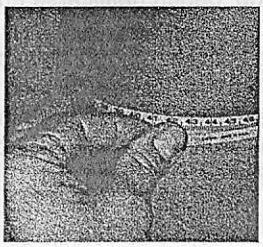


Figura 3.57.c. Perímetros del muslo. Perímetro muslo medio, visión lateral

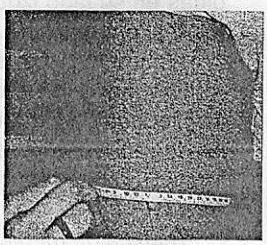


Figura 3.57.d. Perímetros del muslo. Perímetro muslo medio, visión ventral

Perímetro del muslo 2 (medial)

Perímetro situado en el punto medio trocantéreo-tibial, perpendicular al eje longitudinal del muslo.

Perímetro del muslo anterior 3

Perímetro situado en el punto medio anterior del muslo, entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula, perpendicular al eje longitudinal del muslo (Figuras 3.5.g y 3.9). Se mide en el sujeto en bipedestación.

Perímetro de muslo corregido = Perímetro de muslo – π • Pliegue muslo anterior.

Perímetro de la pierna máxima o pantorrilla: Máxima circunferencia de la pierna (Figuras 3.58.a y b).

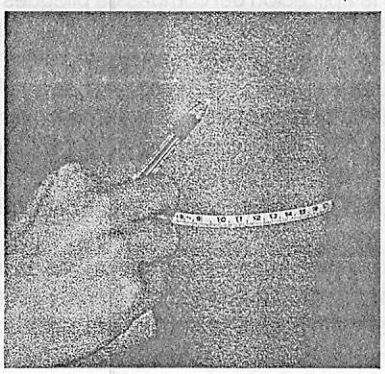


Figura 3.58.a. Perímetro de la pantorrilla o pierna. Visión ventral

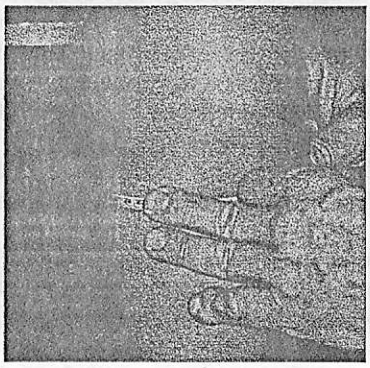


Figura 3.58.b. Perímetro de la pantorrilla o pierna. Visión dorsal

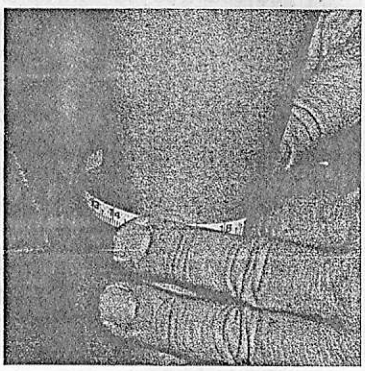


Figura 3.58.c. Perímetro de la pantorrilla o pierna. Perímetro del tobillo

Perímetro de pierna corregido = perímetro pierna – π • pliegue pierna medial

Perímetro del tobillo

Mínima circunferencia de la pierna por encima del maléolo tibial.

3.4.8. Medidas de masa: pliegues cutáneos

Los pliegues cutáneos se definen como el espesor del pliegue de la piel expresado en milímetros, incluyendo en él la doble capa de piel y tejido adyacente subcutáneo y excluyendo el músculo. Su medición se realiza con el plicómetro y se aplica a la estimación de los depósitos de tejido adiposo corporal.

Habitualmente se utiliza la parte derecha del cuerpo para realizar las medidas, independientemente del lado dominante (Ross y Marfell-Jones, 1991). Si en los sujetos zurdos o ambidiestros, se toman me-

didas en su lado izquierdo, deben notificarse en la hoja de recogida de datos, por existir variaciones con respecto al estándar.

Debe comprobarse que el plicómetro se encuentra debidamente calibrado y que la presión entre sus ramas permanece constante a lo largo de todo el rango del recorrido de medida. La localización exacta de los pliegues cutáneos y el entrenamiento en la técnica necesaria para tomarlos correctamente, han demostrado reducir el error sistemático en series de medidas reiteradas (Lohman y Pollock, 1981; Jackson, Pollock y Gettman, 1978), (véase apartado 3.4.1).

Técnica de medición. El sujeto de estudio se sitúa en posición de atención antropométrica, manteniendo su musculatura relajada. **El cineantropometrista sujetará firmemente, entre los dedos índice y pulgar de la mano izquierda,** las dos capas de piel y tejido adiposo subcutáneo en el lugar marcado para cada pliegue, y mantendrá el **plicómetro con la mano derecha perpendicular al mismo,** observando el sentido del pliegue en cada punto anatómico, según las líneas de Langer cutáneas.

La cantidad de tejido elevado será suficiente para formar un pliegue de lados paralelos. Para que en la toma del pliegue, nunca se incluya parte del músculo, este debe rodar entre los pulpejos de los dedos sobre el plano muscular. Complementariamente a la técnica anterior el sujeto de estudio puede realizar una contracción de los músculos de la zona, y en caso de quedar estos incluidos, se repetirá el apresamiento. Las medidas del pliegue se llevarán a cabo con la musculatura relajada, tras realizar la toma válida. La experiencia en la toma de pliegues facilita que se aprisione la misma cantidad de tejido, en un lugar determinado, todas las veces que se repita la operación.

El plicómetro se sostiene con la mano derecha formando un ángulo de 90° con la superficie de la piel (Figura 3.59). Los bordes más próximos del plicómetro se aplicarán a un centímetro de distancia de los dedos que toman el pliegue, sobre los tejidos blandos que cubren las marcas óseas. Este se mantendrá sujeto durante toda la toma teniendo un especial cuidado en no pellizcar la piel.

La lectura se realizará aproximadamente dos segundos después de la aplicación del compás de pliegues cutáneos y cuando éste provoca la máxima presión (Ross y Marfell-Jones, 1991), cuando el descenso de la aguja del mismo se ralentiza. Un tiempo constante en la obtención de medidas permite comparaciones, repeticiones, análisis y pruebas que eviten que la compresibilidad de la grasa subcutánea pueda inducir errores de medida. La presión a la que debe ser aplicado el plicómetro es de 9-20g/m^2 (Edwards; Hammond; Healy; Tañer y Whitehouse, 1955). La amplitud de los pliegues cutáneos puede variar en 2-3 mm en promedio cuando el plicómetro se emplaza a 1 cm de su posición correcta. Si por cualquier razón, las ramas del compás de pliegues cutáneos se alinean incorrectamente, se deslizan o se disponen muy profundas, los registros obtenidos serán erróneos.

Si se toman pliegues muy grandes (p.ej. pliege del muslo anterior), la aguja permanece en movimiento en todo momento, pese a lo cual **se registra la medida pasados dos segundos;** siendo imprescindible que se preserve este tiempo estándar, inexcusablemente, debido a la compresibilidad del tejido adiposo (Ross y cols., 1986).

Si las medidas consecutivas de pliegues muestran valores cada vez más bajos, es posible que el tejido adiposo esté siendo comprimido mientras que el contenido en fluidos intra y extracelulares se reducen gradualmente, lo que ocurre con mayor frecuencia en los sujetos más gruesos. Por ello, el protocolo de medidas debe completarse plenamente antes de realizar la segunda medición y tercera comprobación para evitar los sesgos propios del cineantropometrista y los errores causados por el efecto de compresibilidad del pliegue.

Los pliegues cutáneos no se obtendrán después de un entrenamiento, competición, sauna o ducha; ya que el ejercicio, agua caliente y calor producen hiperemia en la piel con un incremento concomitante del grosor del pliegue cutáneo. Asimismo, la deshidratación produce un decremento del pliegue cutáneo debido a cambios en la turgencia de la piel.

Los pliegues cutáneos descritos a continuación son los que los cineantropometristas especializados utilizan con mayor frecuencia para estimar el estado nutricional, lo que no implica que no hayan sido descritos muchos más, entre ellos el submalar, clavicular, trapezoidal, cervical C7,... (Edwards, 1950). La elección de dichos pliegues cutáneos se debe a que muestran cambios significativos en el depósito de grasa corporal según su localización. La selección de dichas localizaciones cumple los criterios de accesibilidad, sensibilidad frente al cambio en el depósito de tejido graso, reproducibilidad y representatividad anatómica, basada en la capacidad de las diferentes localizaciones para representar, por su distribución corporal, a todo el cuerpo como un conjunto homogéneo.

Pliegue subescapular

Localizado en el ángulo inferior de la escápula en su parte interna o borde vertebral, en dirección oblicua hacia abajo y hacia fuera, formando un ángulo de 45° con la horizontal que pasa por el borde inferior de la escápula (Figura 3.58; 3.2.a; 3.58.d).

Técnica. Se palpa el ángulo inferior de la escápula con el pulgar izquierdo, en este punto hacemos coincidir el dedo índice y desplazamos hacia abajo el dedo pulgar rotándolo ligeramente en sentido horario, para así tomar el pliegue en la dirección descrita. El pliegue se toma con el dedo pulgar e índice izquierdos en el punto señalado, que se sitúa a dos centímetros del ángulo inferior de la escápula u omóplato, en una línea que discurre lateral y oblicuamente en dirección descendente desde el punto subescapular en el ángulo que determinan las líneas de los pliegues naturales marcados en la piel (aproximadamente 45°).

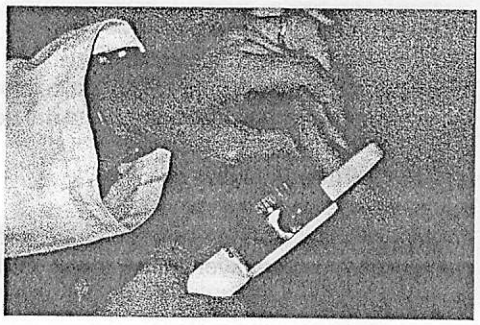


Figura 3.58.d. Pliegue subescapular

Pliegue del tríceps

Figura 3.59. Pliege cutáneo del tríceps. Localización, toma del pliegue y medición

Localizado en el punto medio de la línea acromio-radial, en la parte posterior del brazo (Figura 3.59). *Técnica.* El pliegue se sujeta con el dedo pulgar e índice izquierdos en la ubicación descrita. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del brazo. La aprehensión se realiza en la superficie más posterior del brazo, sobre el músculo tríceps.

Figura 3.60 Pliegue bicipital

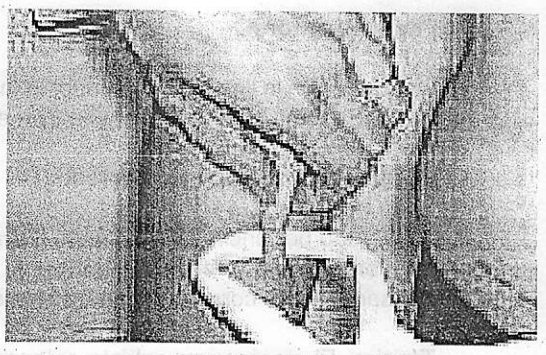


Figura 3.61 Pliegue del antebrazo

Pliegue del bíceps

Localizado en el punto medio de la línea acromio-radial, en la región anterior del brazo (Figura 3.60). *Técnica.* El pliegue se sujeta con el dedo pulgar e índice izquierdos en la ubicación descrita. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del brazo. La aprehensión se realiza en la superficie más anterior del brazo, sobre el músculo bíceps.

Pliegue del antebrazo

Localizado a unos 7 cm de la cabeza radial, a nivel de la musculatura epicondílea. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del antebrazo (Figura 3.61).

Pliegue axilar

Localizado en la línea axilar media, a la altura de la articulación de las apófisis xifoides y cuerpo del esternón o a nivel de la quinta costilla (Figura 3.24 y 3.62).

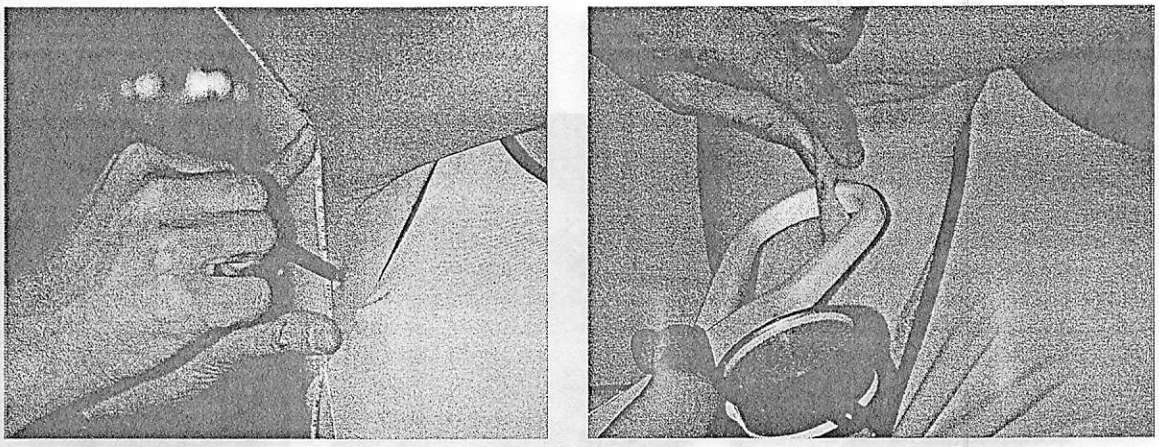


Figura 3.62. Pliegue axiliar; **a.** Punto del pliegue axilar **b.** Toma del pliegue axiliar

Posición. El sujeto de estudio colocará el brazo ligeramente abducido. Para evitar distorsión de la medida por la creación de nuevas líneas de tensión, colocamos el brazo en rotación interna, discreta adducción, colocando la mano sobre el hombro contrario, de esta manera queda accesible el pliegue axilar, evitando en lo posible errores en la medida. Otros autores colocan al sujeto de estudio con el brazo correspondiente separado del cuerpo y formando un ángulo de 90° con el mismo (apoyando la mano de dicho brazo en la cabeza). La elevación del brazo por encima de esta altura dificulta el apresamiento del pliegue y la medición. Es un pliegue vertical.

Pliegue pectoral

Se localiza en la línea axilar anterior lo más próximo al faldón axilar oblicuo hacia abajo y hacia el pezón mamario. Se toma en el punto medio y en el mismo sitio para ambos sexos.

Pliegue ileocrestal o supracrestal

Localizado por encima de la cresta ilíaca en la línea medio-axilar o íleo-axilar. El sujeto de estudio levanta el brazo del lado correspondiente en una posición horizontal o lo emplaza cruzando el pecho para descansar la mano correspondiente sobre el hombro contrario (Durnin, Womersley, 1974).

Técnica. El cineantropometrista coloca los dedos de su mano izquierda sobre el punto íleocrestal y ejerce una presión interna, de tal modo que dichos dedos rueden sobre la cresta ilíaca. El dedo índice se

sitúa a cierta distancia sobre el dedo pulgar, como para permitir asir el pliegue sin dificultad. El pliegue corre ligeramente hacia abajo y hacia delante en dirección al aspecto medial del cuerpo del íleon, formando un ángulo de unos 45° con la horizontal (Figura 3.63.c).

Pliegue súpraespinal o suprailíaco anterior

Localizado en la intersección formada por la línea horizontal a lo largo del borde superior del íleon y una línea imaginaria vertical que va desde la espina ilíaca antero-superior derecha hasta el borde axilar anterior, línea íleo-axilar (Figura 3.25.b y c; 3.63.a y d).

Técnica. Se sigue la línea natural del pliegue, en dirección oblicua medialmente hacia abajo, formando un ángulo de alrededor de 45° con la horizontal. En adultos este punto está a unos 5-7 cm por encima de la espina ilíaca antero-superior. Denominado originariamente como pliegue suprailíaco por Heath y Carter en 1967, actualmente se conoce como pliegue supraespinal, denominación también establecida por los mismos autores en 1990.

Pliegue abdominal

Localizado lateralmente a la derecha, junto a la cicatriz umbilical en su punto medio, no quedando incluida ésta. Para otros autores está situado lateralmente a 3-5 cm del centro de la cicatriz umbilical, aproximadamente en la línea media que recorre el cuerpo del recto anterior del abdomen correspondiente, siendo la distancia mayor en los deportistas obesos, y menor en niños (Figura 3.5.d; 3.63.b).

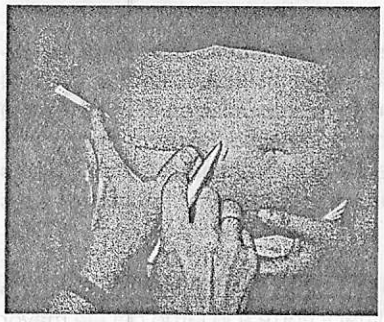


Figura 3.63.a. Método de marcaje del punto supracrestal

Figura 3.63.b. Método de marcaje del punto supracrestal

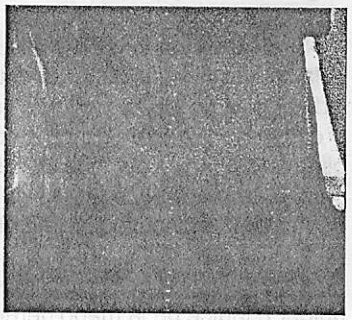


Figura 3.63.c. Pliegue supracrestal

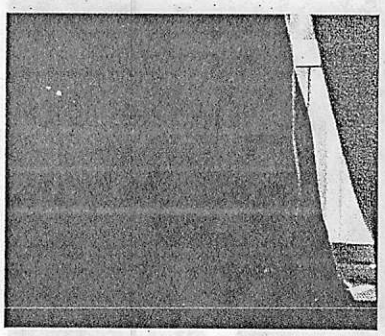


Figura 3.63.d. Pliegue supraespinal

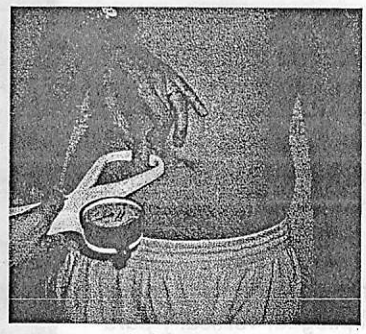


Figura 3.63.e. Pliegue abdominal, visión ventral

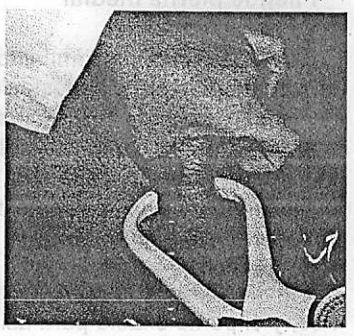


Figura 3.63.f. Visión lateral

Técnica. El pliegue, vertical y paralelo al eje longitudinal del cuerpo, se debe sujetar firmemente, ya que la musculatura subyacente suele estar poco desarrollada, salvo en deportistas de alto nivel competitivo, y puede inducir a subestimar el grosor del tejido subcutáneo subyacente. El plicómetro no debe en ningún momento incluir la cicatriz umbilical en su aprehensión.

Pliegue muslo anterior

Localizado en el punto medio de la línea que une el pliegue inguinal y el punto medio del borde superior o proximal de la rótula (con la pierna doblada en un ángulo de 90°), en la cara anterior del muslo (Figura 3.5.g; 3.9 y 3.64).

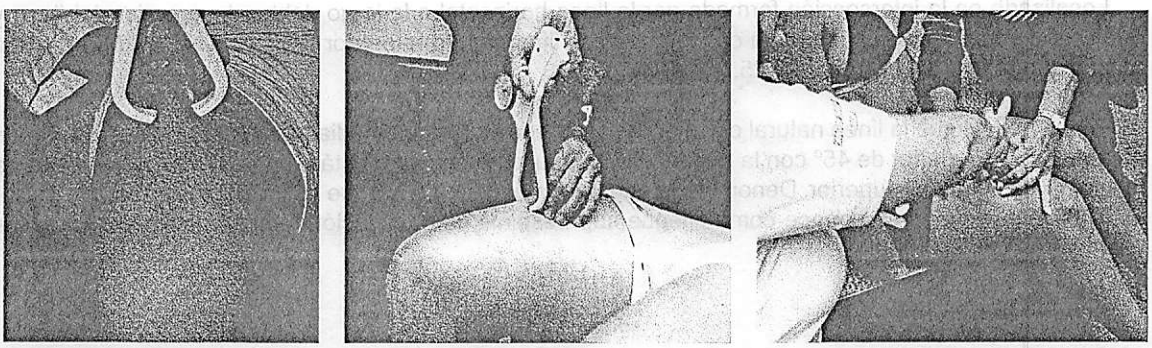


Figura 3.64. Pliegue muslo anterior

Técnica. El cineantropometrista se sitúa a un lado del sujeto de estudio, frente al borde externo del muslo. El individuo, sentado al borde del banco y apoyando los pies en el suelo, mantendrá sus rodillas en ángulo de 90°, y si esto no fuese posible, en ligera extensión.

Si el investigador tiene dificultades en la toma de este pliegue, el sujeto de estudio extenderá la articulación de la rodilla ligeramente para liberar la tensión de la piel o bien, si persiste la dificultad, pedir al individuo, si puede sostener con ambas manos la cara posterior de su muslo en esta posición (Figura 3.64 b) o contar con la ayuda de otro cineantropometrista situado de pie sobre la cara medial, que atrapará el pliegue del muslo con sus dedos utilizando las dos manos, de tal manera que habrá una distancia de seis centímetros entre los dedos de su mano derecha, que se sitúa a nivel de la localización correcta, y los dedos de la mano izquierda, que elevan el pliegue a distancia.

En esta situación, el plicómetro se dispone entre ambas manos del ayudante a un centímetro del dedo pulgar e índice de la mano derecha del asistente. El pliegue es longitudinal y corre a lo largo del eje mayor del fémur, en la cara anterior del muslo, a 1 cm del punto antropométrico.

Pliegue pierna medial

Localizado en la máxima circunferencia de la pierna, en su cara medial, en bipedestación y punto medio. El sujeto de estudio permanecerá sentado o con la pierna flexionada apoyada en el banco y la rodilla en ángulo recto para la toma del pliegue. Con la pierna relajada, el pliegue se toma en la cara medial de la misma coincidiendo con su máxima circunferencia (Figura 3.65).

Esta se determina en el momento de medir los perímetros; y el punto exacto para asir el pliegue, vertical y paralelo al eje longitudinal del miembro inferior, se señalará en su lugar correspondiente durante la medición del perímetro máximo de la pantorrilla. Se comprueba el lugar marcado en una visión frontal para asegurar que la señal está en la zona más medial y prominente.

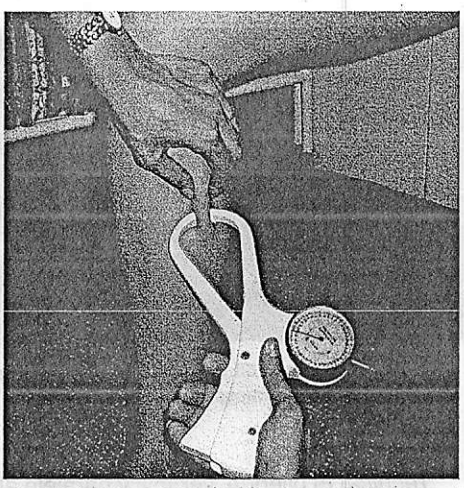


Figura 3.65. Pliegue medial pierna

3.4.9. Medidas de superficie

La única medida de este tipo, utilizada eventualmente en la evaluación funcional, es la superficie corporal, en el área de la fisiología y relacionada con el metabolismo basal.

Superficie corporal: clásicamente se utiliza la ecuación de Du Bois:
$SC = 1{,}856 + 0{,}425 \cdot \log M + 0{,}725 \cdot \log L$

Siendo: *SC* = superficie corporal (cm^2), *M* = masa corporal (kg) y *L* = talla (cm)

3.4.10. Medidas de volumen y masa

Peso: magnitud física que determina la cantidad de masa del sujeto de estudio. Se expresa en kg. Hay que tener en cuenta que, con las variaciones circadianas, el peso puede variar hasta en 2 kg (Summer y Whitacre, 1931). Las mediciones más estables son las obtenidas por la mañana, doce horas después de *la última* ingesta. Es importante que al pesar varios sujetos, se realice la operación a la misma hora del día.

Posición. El individuo, con la mínima ropa imprescindible, se colocará en el centro de una báscula en posición antropométrica.

Instrumento de medida. Báscula con una precisión de 100 g.

3.4.11. Otras variables de interés

Se describen a continuación otras variables que, no siendo tan utilizadas como las ya descritas, pueden ser de interés para otros estudios cineantropométricos.

Longitud total extremidad superior 2: distancia entre el punto acromial y el estiloideo. Se obtiene de la diferencia entre la altura acromial y estiloidea.

Longitud total extremidad inferior: diferencia entre talla y talla sentado.

Longitud muslo 2: diferencia entre talla, talla sentado y altura tibial.

Diámetro bideltoideo: distancia entre los músculos deltoides derecho e izquierdo, en sus puntos más prominentes, no usados habitualmente salvo en caso de deportistas con gran musculatura que no permita tocar los puntos acromiales.

Diámetro bitrocantéreo: distancia entre las proyecciones más dístales del trocánter mayor de los fémures derecho e izquierdo, no usados de manera habitual por la dificultad de localizar los trocánteres en algunos sujetos sobretodo femeninos.

Bibliografía

- Albarrán MA, Holway F. *Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica.* (ISAK Manual). Universidad de Puerto Rico. Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría. (June 26, 2005). Disponible en: http://www.isakonline.com
- Aragonés MT. Cineantropometría: puntos anatómicos y técnicas de medición. En: *Libro de Ponencias: Jornadas de Estandarización del Grupo Español de Cineantropometría* (GREC). Sant Cugat (Barcelona); 1989.
- Aragonés MT, Casajús JA. Modificaciones antropométricas debidas al entrenamiento: Estudios longitudinales. *Arch Med Dep.* 1991; 8(32): 345-353.

- Aragonés MT, Casajús JA, Rodríguez F, Cabañas MD. Protocolo de medidas antropométricas. En: *Esparza F. Manual de Cineantropometría. 2ª ed.* Pamplona: Grupo Español de Cineantropometría (GREC) FEMEDE; 1999. p.35-66.
- Behnke AR. Anthropometric fractionation of body weight. *Ann NY Acad Sci* 1961; 16: 949-954.
- Behnke AR. Quantitative assessment of body build. *Ann NY Acad Sci* 1961; 16: 960-968.
- Beunen G, Malina RM. *Growth and biological maturation: relevante to athletic performance. The child and adolescent athlete.* Encyclopaedia of Sports Medicine. Oxford: Oxford Blackwell Scientific Publications. 1998. vol. 6.
- Carter JEL. Introduction. In: *Carter, JEL. ed. Physical structure of olympic athletes. Part I: The Montreal olympic games anthropological project.* Karger, Basel. 1982. p.1-4.
- Carter JEL. Anthropometric instruments and measurements used in the Montreal Olympic games antropologycal project. In: *Carter JEL. ed. Physical structure of olympic athletes. Part I: The Montreal olympic games anthropological project. Medicine and sport science.* Karger, Basel. 1982. 16. p.150-155.
- Casajús Mallen JA. Cineantropometría. En: *Guillén del Castillo M, Coordinador. Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano.* Barcelona: Médica Panamericana; 2002. p.33-45.
- Corbella M, Barbany JR. *Relación de medidas antropométricas, composición corporal y edad de la menarquia entre niñas gimnastas de rítmica y niñas no deportistas.* Apuntes de Educación física y Deporte. 1991.
- De Rose EH, Aragonés MT. La cineantropometría en la evaluación funcional del atleta. *Arch Med Deporte;* 1984. 1,4:p. 51-60.
- De Rose EH, Aragonés MT. La cineantropometría en la evaluación funcional del atleta. Parte I: el método cineantropométrico. *Arch Med Deporte*; 1984. 1,0: p.45-53.
- De Rose EH, Turra JR, Guimaraes AC, Gaya AD. Composiçao corporal do jogador de futbol. *Med. Esporte;* 1974 1,2: 77-79
- De Tanner JM: Growth at Adolescence, 2nd d. Oxford, UK, 1962. En: *Nelson. Tratado de Pediatría Behrman RE, Jenson HB, Kliegman RM.* Masson. Barcelona España.15 ª Ed. © 2004
- *Diccionario Médico Ingles-Español/ Español-Inglés.* Terminología. Abreviaturas y dibujos anatómicos. Editores Médicos S.A. 2003
- *Diccionario de la Lengua Española,.* Real Academia Española. Madrid. 22ª ed. Espasa Calpe. Madrid. España. 2001
- *Diccionario de las Ciencias del Deporte* Traducción al español del Wörterbuch der Sportwissenschaft. Beyer, F; Becker, H; Carl, K; Kayser, D. Aquesolo, J.A; Rodado, P; García, C. Málaga; Unisport. Junta de Andalucía. España. 1992.
- *Diccionario Paidotribo de la Actividad Física y el Deporte.* Paidotribo. 1999.
- *Dictionary of the Sport and Exercise Sciences* Anshel MH, Freedson P, Haywood K, Hamill J, Horvat M. Plowman, S.A. Champaign, IL: Human Kinetics. 1991.
- Drinkwater DT, Ross WD. Anthropometric fractionation of body mass. En: Ostyn W, Beunen G, Simons J. *Kinanthropometry II.* Baltimore. University Park Press. 1980; 177-188.
- Doménech JM. *Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores.* Herder; Barcelona.1982
- Dubois D, Dubois EF. Clinical Calorimetry. A formula to estimate the aproximate surface if height and weight be known. *Arch. Int. Med.* 1916; 17-III: 863-871.
- Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974; 32:77-97.
- Dofour M. *Anatomía del aparato locomotor.* Masson , 3º ed. 2003
Atlas de anatomía humana. Todd R. Olson. Masson 1997.
- *Encyclopaedia Britannica* Goetz, P.N. Chicago. 1989.
- *Enciclopedia Universal Ilustrada.* Salvat 1958.
- *Encyclopaedia of Sports Sciences and Medicine Larson.* LA. ed. New York. The Mc Millan Company. 1971.
- Esparza, F. *Manual de Cineantropometría.* Colección de monografías de Medicina 45 del deporte. FEMEDE. 1993. p.63-65.
- García-Fojeda Herrera A, Biosca Estela F. Biomecánica aplicada. Biomecánica deportiva. En: *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor.* Viladot Voegeli A. Springer. Barcelona; 2001. III (7) p: 263-270.
- Gare Ch, Olds T, Carter L, Norton K. *Accreditation in antropometry.* National Sport Research Center. Australia Sport Commission.1998.
- Gómez de Valcárcel F, Ballester Herrera MA, Carbajo Botella ML. Valoración del crecimiento y desarrollo. En: *Valoración del deportista. Aspectos biomecánicos y funcionales. 1ª ed.* FEMEDE. Pamplona. España. 1999; 4:2. p.85-94
- González Montero de Espinosa M, Marrodán MD. *Crecimiento y dieta. Hábitos de los jóvenes españoles.* Ediciones SM. 2003.

- González Montero de Espinosa M, Marrodán MD, Moreno S, Pérez Magdaleno A. El crecimiento de los españoles al principio del siglo XX: Antropometría en las colonias escolares del Museo Pedagógico Nacional. En: *Caro Dobón L. Rodríguez otero H. Sánchez compadre E, López Martínez B, Blanco MJ. eds. Tendencias actuales de la Antropología Física Española*; 2000. p.675-683.
- Guillen del Castillo M, Linares Girela D. Mecánica del movimiento. En: *Guillén del Castillo M, Coordinador. Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano.* Barcelona. Médica Panamericana; 2002. p.47-64.
- Jacson AS, Pollock ML. Practical Assesment of Body Composition. The Physician and sports Medicine. 1985. 3(5): 76-90.
- Holway F. Pérez B M. ISAK. *International standars of anthropometryc Assessement. International Society for the advancement of Kinanthropometry. 2001*; Disponible en: http://www.isakonline.com
- Kerr D. *An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses in males and females aged 6 to 77 years* [Unpublished MSc thesis]. Simon Fraser University. Burnaby BC. Canada. 1988.
- King HA, Carter JEL. Comparative factor analysis of anthropometric variables for athletes at the Mexico City and Montreal olympic games. In: *Carter JEL. Physical Structure of Olympic Athletes. Part II. Kinanthropometry of Olympic Athletes.* Karger, Basilea; 1984. p.202-211.
- Lapunzina P, Aiello H. *Manual de antropometría normal y patológica.* Masson. Barcelona. 2002.
- Linares Girela D, Ruiz Rodríguez L. Crecimiento y desarrollo. En: Guillén del Castillo M. Coordinador: *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano.* Barcelona: Medica Panamericana; 2002. p.13-29.
- Lohman TG. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biol* 1981. 53: 181-225.
- Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric Standardization Reference Manual (ASRM).* Human Kinetics. Champaign, IL. 1988.
- Lorenzo R, Pérez Piqueras J. *El consentimiento informado en patología digestiva* Madrid. Abbott Laboratories S.L. 1998. p.13-90.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes [tesis doctoral].* Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 2004. p. 85-93.
- Martín Lázaro J, Rubí Cervino J. *Diccionario de siglas, acrónimos y abreviaturas medicas y su significado en las diferentes especialidades* Zugarto ediciones, S.A.Madrid. 2004.
- Martínez García J.M. *La Problemática del consentimiento informado.* Medical Economics. Feb Edición española. 2006. p.12-13.
- Moreno Aznar L, Rodríguez Martínez G, Sarría Chueca A, Bueno Sánchez M. Evaluación de la composición corporal y del estado nutricional por antropometría y bioimpedancia eléctrica en niños y adolescentes. *Nutrición Clínica.* 1999. 19, 4;p 30-38.
- Nordin M, Frankel HV. Introducción a la biomecánica: terminología básica y conceptos. En: *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético* 3ª Ed. Madrid. Mc Graw- Hill, Interamericana. 2004.1:3-23.
- Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C. Marfell-Jones M. Measurements techniques in anthropometry. En: K. *Norton y T. Olds. Antropometrica.* UNSW. Syndey. 1996; p. 25-75
- Norton K, Whittingham N, Carter JEL, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. In: Norton K y Olds T (Eds.). *Anthropometrica.* UNSW Press. Sydney. 2000.
- Özkaya N, Nordin M. *Fundamentals of Biomechanics Equilibrium. M and Deformation* 2nd ed. New York: Springer-Verlag. 1999.
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Col: Rude J, Voll M, Wesker K. En: *PROMETHEUS, Texto y Atlas de Anatomía del Aparate Locomotor.* Médica Panamericana S.A. Madrid. 2005; 1: 24-25
- Ross WD. Kinanthropometry: An emerging scientific technology. In: *Landry, F.; Orban, W. Biomechanics of sport and kinanthropometry Symposia specialists,* Miami. 1978; 6:269-282.
- Ross WD. *Basic anthropometry for human biology and sport medicine.* School of Kinesiology Faculty of Applied Sciences. Simon Fraser University, Burnaby: British Columbia, Canada 1991.
- Ross WD, Eiben OG, Ward R, Martin AD, Drinkwater DT, Clarys J. Alternatives for conventional methods of human body composition and physique assessment. En: Day, J.A.P. (ed.). *Perspectives in kinanthropometry.* The 1984 olympic scientific congress proceedings. Human Kinetics. Champaign, IL. 1986. 1, pp. 203-220.
- Ross WD, Drinkwater DT, Bailey DA, Marshall GR, Leahy RM. Kinanthropometry. Traditions and new perspectives. En: *Ostyn, M.; Beunen, G.; Simons, J. ed. Kinanthropometry II. International series on sports sciences.* University Park Press, Baltimore. 1980; 9 p: 3-27.
- Ross WD, Kerr DA. *Fractionation of body mass: A new method for use in clinical nutrition and sport medicine. Manuscrito del grupo español de cineantropometría.* Asociación Murciana de Medicina del Deport. 1990.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ, Kinanthropometry. En: *MacDougall, J.D.; Wenger HA, Grenn HJ. eds. Physiological testing of the high-performance athlete.* 2nd ed. Human Kinetics. Champaign, IL; 1991. p: 223-308.

- Sánchez Caro J. *Consentimiento informado y salud.* Colegio Oficial de Médicos de las Islas Baleares. España. 2004. 1- 33.
- Sánchez Caro J. *Consentimiento informado problemas y soluciones. Jornadas sobre la responsabilidad civil y penal de los médicos.* Madrid. España. 1997.
- Sillero Quintana M. *Teoría Antropométrica.* INEF. Universidad Politécnica de Madrid. 2005.
- Thibodeau Patton *Estructura y función del cuerpo humano.*13ª ed. 2008
- Tortora-Derrcikson *Introducción al Cuerpo Humano. Fundamentos de anatomía y Fisiología* 7ª ed. 2007.
- Villegas García JA. Crecimiento. Influencias hormonales, proporcionalidad y curvas. En: *Niño, adolescente y deporte, Ortopedia y Traumatología.* Monografías FEMEDE, 1ª ed.1990; p 29-38.
- Williams JR. *Manual de Ética Médica.* Asociación Médica Mundial. 2005 2-3. p.34-120.

UNIDAD II

Técnica antropométrica

Capítulo 4.
CALIDAD DE LAS MEDIDAS CINEANTROPOMÉTRICAS

4. Calidad de las medidas cineantropométricas

Julieta Aréchiga Viramontes
Betty Méndez de Pérez
Enrique Ordaz
M. Dolores Cabañas Armesilla

4.1. Introducción

El control de calidad en las mediciones cineantropométricas constituye hoy día, un aspecto básico a ser considerado dentro de toda investigación que involucre al hombre tanto en movimiento como en reposo. Las más recientes investigaciones reflejan que esta acción se ha incrementado en los últimos tiempos y su objetivo se orienta básicamente hacia las condiciones en las cuales se realizan las medidas y el control del aparataje y su manejo en el error de medición, su origen y la magnitud del mismo (García y Pérez, 2002).

Muchos congresos internacionales han destacado el tema de la estandarización, con atención especial a la definición y revisión de los puntos anatómicos somatométricos de referencia y la práctica de los procedimientos para la toma de las medidas, utilizando la antropometría convencional.

En la actualidad, el desarrollo y los alcances de los estudios en biología humana, en especial los referidos a los aspectos de crecimiento, nutrición, salud y ejercicio físico en todas las etapas de la ontogenia, han propiciado el progreso y adelanto en la modificación de las técnicas cineantropométricas. Los usos e interpretación de las mismas, han trasladado sus aplicaciones a otras especialidades, como la medicina del deporte, la ortopedia, antropología y epidemiología entre otras. Los principios técnicos de la cineantropometría apoyados en el fuerte soporte que proporciona la bioestadística, conforman un binomio de aplicación muy importante en las diferentes áreas de la salud (véase capítulo 6).

La calidad de las medidas cineantropométricas está en función del estricto seguimiento que se le haga a un protocolo de reglas de medición, instrumentado por organismos nacionales e internacionales, los cuales norman las actividades de recolección de la información; vale destacar aquí el esfuerzo hecho por algunos miembros del GREC (Grupo Español de Cineantropometría) integrado dentro de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) y de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK) (véase capítulo 3).

4.2. Condiciones para una sesión de medidas cineantropométricas

4.2.1. El sujeto de estudio

En todo momento, los principios éticos deben regir en la toma de las medidas cineantropométricas. Por tanto, se debe hacer especial énfasis en estos valores debido a la interrelación tan cercana que existe entre el evaluador y el evaluado (véase capítulo 3, apartado 3.3.2).

La OMS expone que la dinámica del conocimiento científico y tecnológico tiende hacia la deshumanización de la ciencia. En conjunto con otras asociaciones internacionales, ha planteado la necesidad de incorporar la ética en toda investigación, salvaguardando de esta manera la integridad y los derechos de las personas involucradas.

Los sujetos deben estar informados sobre las mediciones que se llevarán a cabo, y deberán completar un formulario de consentimiento informado como parte de los pasos preliminares del protocolo experimental (véase capítulo 2, apartado 2.3). Esta acción que cumple con los principios éticos favorece, además su colaboración.

En este sentido, el cineantropometrista, durante la sesión de medida, deberá poder moverse con facilidad alrededor del sujeto y manipular el equipo con cuidado extremo, sin realizar movimientos bruscos

y respetando en todo momento el "espacio personal". Para que las mediciones se realicen rápido y de la manera más eficiente posible, se les deberá pedir a las personas que se presenten en la sala de antropometría con la mínima cantidad de ropa, como se aconseja en el capítulo 3, situándolo en posición antropométrica (Figura 3.1) encontrándose cómodo y relajado en situación de reposo. Algunas mediciones requieren que el sujeto se coloque en posición anatómica (Figura 3.29). El cineantropometrista debe impartir las instrucciones de manera clara, apropiadas al caso y en un lenguaje adaptado a la persona de estudio (niño o adulto) y a su nivel cultural. Las medidas deben realizarse con el sujeto sobre una base firme, a poder ser de madera, para que le aísle de la temperatura fría del suelo, que le haría estar incomodo, minimizando el error en la medición de las alturas.

4.2.2. Condiciones del lugar de la sesión

La comodidad de todos los sujetos implicados en la toma de las medidas que incluye al sujeto de estudio, el cineantropometrista y el anotador ***troika,*** es importante para que cada uno pueda colaborar con la máxima eficacia y se minimice el riesgo de errores por cansancio, incomodidad o incluso pudor. Sin embargo, el investigador debe estar preparado para afrontar otras situaciones donde no todas las condiciones de confort están disponibles, en cuyo caso debe recurrirse al criterio de plasticidad o adaptación a diferentes medios, que debe primar en el diseño de toda investigación; modificando en el local o la sala las condiciones necesarias reflejadas en el capítulo 3, Figura 3.3.

4.2.3. El cineantropometrista o kinantropometrista

En la capacitación de los evaluadores se hace énfasis en la ejecución exacta del levantamiento de la información y el uso correcto del instrumental cineantropométrico verificando, en todo caso, los posibles errores para erradicarlos. El registro de los valores en las proformas u hoja de registro de los datos como la que se adjunta en el Anexo II, debe hacerse utilizando una nomenclatura clara para evitar confusiones como: el cero atravesado por una raya inclinada (Ø), el 7 con su porción transversal perpendicular a la horizontal, el 4 con ángulo para no equivocarlo con un 9 sin cerrar por arriba, el 5 con ángulo en la parte izquierda para no tomar por un 3 mal escrito por prisa o un lápiz de mala calidad, que no completa el tratado.

Es altamente aconsejable que los valores obtenidos en las medidas sean anotados en la ficha proforma por una tercera persona considerada como anotador, conformándose así una *troika* perfecta que, en caso de duda, verificará el dato repitiéndo en voz alta y clara el mismo dato dictado por el evaluador. De esta manera se evitan errores de anotación; si colabora al tomar y dejar el instrumental, se disminuyen los cambios de posición en el sujeto y se consigue una duración más corta de la sesión, haciéndola mas cómoda y agradable.

4.2.4. Control de precisión de los instrumentos

Además de lo anteriormente establecido en el capítulo 3, es necesario tomar en consideración la calibración de los instrumentos de medición (Figuras 3.4 y 3.14).

La ***calibración de la báscula*** se puede realizar con pesas de calibración certificada por un departamento oficial de pesas y medidas que totalicen un mínimo de 150 kg (Maestre, 2004). En el trabajo de campo, el control de la exactitud de la báscula (Figura 3.13 a,b,c y d) se puede hacer utilizando un peso de calibración certificado por algún departamento gubernamental de pesos y medidas. En caso de balanzas electrónicas es conveniente sacar las pilas o baterías fuera de la misma al guardarla, tras las mediciones tomadas durante ese día.

El ***antropómetro*** (Figura 3.13 e) es un instrumento con doble función, se utiliza para medir los segmentos corporales de forma proyectada tomando la distancia entre dos puntos antropométricos o como calibrador de ramas rectas, para medir segmentos corporales de manera directa (Figuras 3.17 y 3.19). Cambiando las ramas rectas por las ramas curvas se utiliza para medir el diámetro anteroposterior del tórax (Figura 3.23.c).

El ***antropómetro Siber-Hegner GPM*** (Figura 3.13.e) está formado por cuatro secciones que se insertan una en otra, con una longitud de 2.100 cm, tiene una precisión de 1 mm, posee aditamentos especiales como ramas rectas y curvas intercambiables que se le añaden para tomar diámetros grandes (Figura 3.19).

El ***compás de corredera de ramas curvas*** (Figura 3.13.f) se utiliza para medir diámetros pequeños; tiene puntas de oliva y mide de 0-200 mm. El calibre de ramas rectas (Figura 3.13.g) con dos terminaciones en puntas romas y puntas afiladas, mide de 0-205 mm. Se usa para medir diámetros pequeños y la altura al maléolo.

La ***cinta métrica*** (Figura 3.15.a) debe ser metálica, flexible, indeformable, menor de 7 mm de ancho, y debe estar calibrada en centímetros con gradación milimétrica, con un espacio al inicio sin graduar, y el marchamo de control de cada país que servirá para un mejor manejo en su uso. Se utiliza para medir los perímetros o circunferencias y para valorar el punto medio entre dos puntos anatómicos (Figura 3.15.a y b).

El ***paquímetro o compás de diámetros pequeños*** (Figura 3.15.b), tiene dos ramas rectas, una fija graduada y la otra deslizante; su precisión es de 1 mm.

El ***plicómetro o calibrador de pliegues grasos*** (Figura 3.15.c), tiene una precisión de 0,2 mm y mantiene una presión constante de 10 gr/mm², mide el grosor del pliegue cutáneo.

El ***segmómetro*** (Figura 3.16.a y b) se utiliza para medir las longitudes directas, a partir de las distancias entre dos puntos anatómicos de referencia. Se diseñó como una alternativa al antropómetro, aunque no es apropiado para medir diámetros óseos grandes y alturas (véase Figura 3.26).

Banco de madera o cajón antropométrico (Figura 3.15.d) con altura de 40 cm, 50 cm de ancho y 30 cm de profundidad. Deberá tener un corte en la parte baja para que el sujeto coloque sus pies debajo del mismo, facilitando la toma de las medidas porque permite tener al sujeto de estudio siempre en posición antropométrica. Se utiliza para tomar las alturas ilioespinal y trocantérea, así como todas aquellas medidas del sujeto en posición sedente (Figura 3.31).

Otros accesorios que facilitan la labor del cineantropometrista y que generalmente se encuentran dentro de los laboratorios son las *plataformas de madera* que sirven como base del antropómetro, utilizadas para nivelar el suelo. Es conveniente contar por otra parte con un ***lápiz dermográfico*** para marcar en la piel del sujeto a evaluar los puntos o marcas de referencia (Figuras 3.9 y 3.12).

4.3. Control y manejo de errores en medidas directas

En este contexto, la técnica cineantropométrica válida requiere reducir a su mínima expresión la variabilidad en las mediciones y sobre todo, contar con precisión, confiabilidad, exactitud y validez en el proceso de recolección de los datos.

La ***precisión*** se obtiene al medir varias veces al mismo sujeto y comprobar que la variabilidad entre las medidas tomadas o la diferencia entre ellas sean muy pequeñas o nulas. Por todo ello, en la hoja de recogida de datos o proforma (véase Anexo II) figuran casillas para tal fin, donde se realizan tres mediciones completas del sujeto, y se añade la casilla correspondiente a la media o mediana de las mismas cuando los datos son muy dispares, aun realizándose siempre con el mismo material antropométrico y por el mismo antropometrista.

La ***fiabilidad, fidelidad o confiabilidad*** es el grado en el cual, si repetimos varias mediciones de una misma variable, en las mismas condiciones y sobre el mismo sujeto, los resultados coinciden.

La ***exactitud*** es la capacidad técnica de que el valor medido coincida con el valor real de la magnitud. Para alcanzar gran exactitud (Norton y cols., 1996) el instrumental debe ser calibrado con patrones obtenidos de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (París) o bien de una oficina gubernamental, y la técnica debe ser revisada para obtener estos mismos valores patrón.

La ***validez de la medida***, viene dada por la capacidad de la técnica que permite medir realmente una característica previamente definida.

4.3.1 Clases de errores

Se llama ***error o error absoluto*** (OMS, 1990; Albarrán e Isak, 2005) a la diferencia que existe entre el valor medido y el valor real de una magnitud. Se llama ***error relativo*** a la razón entre el error absoluto y el valor real de la variable. Es decir, si (ε_a) es el error absoluto cometido al medir una variable de magnitud M, el error relativo (ε_r) tiene la expresión:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{M}$$

Puesto que el valor real de la variable no es conocido, lo máximo que podemos hacer con los errores es dar una estimación del mismo con una determinada confianza.

Los errores se pueden clasificar en dos tipos:

1. **Errores aleatorios**. Son errores casuales que afectan al resultado de la medida, unas veces por defecto y otras en exceso, de tal manera que si se repiten las medidas tienden a compensarse al hacer una estimación del valor.
2. **Errores sistemáticos**. Son aquellos que se deben a los aparatos de medida, a la técnica utilizada o a determinadas cualidades del cineantropometrista. Estos errores se pueden minimizar calibrando los aparatos de medida, verificando las técnicas utilizadas y comparando los resultados de varios cineantropometristas experimentados.

4.3.2. Estimación del error de la medida: el error técnico de medida

La estimación que podemos hacer de todos los errores cometidos en una sesión de medidas se basa en que, realizadas varias medidas de una misma magnitud, los resultados difieren unos de otros. Teniendo en cuenta estas diferencias se puede estimar el error total cometido. A este error se le llama ***Error Técnico de Medida*** (ETM).

Supongamos que tenemos n medidas $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$. Se llama error técnico de medida a la siguiente expresión (Burbano y Burbano, 1981; Spigel, 1991),

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1,j\neq 1}^{n}(x_i - x_j)^2}{2N}} \qquad (1)$$

siendo N el número de pares de la forma $(x_i - x_j)$ con $i \neq j$. El ETM representa una estimación del promedio de las diferencias entre las medidas realizadas.

La ecuación (1) es muy laboriosa de usar debido a que hay $(n-1)\cdot n/2$ pares distintos (esto es porque $(x_i - x_j)^2 = (x_j - x_i)^2$). Es decir, para 10 valores tendemos que calcular 45 pares y para 20 valores 190 pares.

Para simplificar estos cálculos, estadísticamente se demuestra que $N = n\cdot(n-1)$, mientras que

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1,j\neq 1}^{n}(x_i - x_j)^2 = 2\cdot\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$$

siendo $\bar{x}$ el valor medio de las medidas x_i.

De esta forma, sustituyendo en (1) llegamos a la expresión (OMS, 1990; Albarrán e Isak, 2005):

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - x)^2}{n \cdot (n-1)}} \qquad (2)$$

que nos permite, una vez calculado el valor medio de la variable medida, para conocer el *ETM* y calcular solamente n diferencias. En algunos textos al *ETM* se le llama error *estándar de la media* y se expresa por *EEM*. Ello es debido a que, si tomamos por valor verdadero la media, el error que cometemos es proporcional a la expresión (2) y función de la fiabilidad o confianza que queramos considerar.

Por ejemplo: se han realizado cuatro medidas de un mismo diámetro siendo los resultados en cm: {20,3; 20,4; 20,1; 20,0} calcular el *ETM* usando las ecuaciones (1) y (2).

Solución: usando la ecuación (1) (todo en cm) tenemos:

$$ETM = \sqrt{\frac{2\cdot(20,3-20,4)^2+2\cdot(20,3-20,1)^2+2\cdot(20,3-20,0)^2+2\cdot(20,4-20,1)^2+2\cdot(20,4-20,0)^2+2\cdot(20,1-20,0)^2}{2\cdot 12}} \approx 0,18$$

Usando la ecuación (2) calculamos primero la media, cuyo valor es 20,2 cm, y sustituyendo obtenemos el mismo resultado con menos operaciones (todo en cm):

$$ETM = \sqrt{\frac{(20,3-20,2)^2+(20,4-20,2)^2+(20,1-20,2)^2+(20,0-20,2)^2}{4\cdot 3}} \approx 0,18$$

4.3.3. Intervalo de confianza y precisión de un intervalo

Cuando tenemos una serie de medidas de una misma magnitud, estas formarán una función de distribución en torno al posible valor real de esa magnitud. Por esto, cuando se da el resultado de una medida, este deberá estar expresado en forma de intervalo de confianza de la forma (OMS, 1990; Spiegel, 1991): $x \pm \Delta x_\alpha$ siendo x el valor que consideramos como estimación del valor real e Δx_p el error que cometemos al tomar como real dicha estimación con una confianza α.

En una distribución normal, el valor que se toma como estimación más exacta del valor real es el promedio de las medidas. Por otra parte, el error que se comete (Δx_α) dependerá del producto del *ETM* y de una función que depende de la confianza α que queramos tener en nuestro intervalo.

Se denomina con la letra griega α a la *confianza* o probabilidad de que el valor real de la variable esté dentro del intervalo que vamos a considerar. (OMS, 1990; Spiridonov y Lopatkin, 1983; Villasuso, 2003), igualmente se llama *precisión del intervalo o nivel de significación* a un valor p inferior a $(1 - \alpha)/2$.

El intervalo de confianza de una medida x para un conjunto de medidas $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$ con una precisión $p < (1 - \alpha)/2$ y distribución normal, tiene la forma (OMS, 1990; Spiridonov y Lopatkin, 1983).

$$x \pm t_{p;n-1} \cdot ETM \qquad (3)$$

siendo $t_{p;\,n-1}$ la función t de Student para el valor $p = (1 - \alpha)/2$ y siendo n el número de medidas (se dice que tiene $n - 1$ grados de libertad). Los valores de $t_{p;\,n-1}$ se pueden obtener en una tabla estadística o calcular mediante una hoja de cálculo (Alonso y Finn, 1970). Para valores de n suficientemente grandes $t_{(1-\alpha)/2\,;\,n-1} \approx Z_{(1-\alpha)/2}$ que corresponde al valor de la variable x para que, en la distribución normal, el área entre 0 y el valor Z sea igual a $\alpha/2$.

Ejemplo: si hemos tomado 10 medidas del pliegue del tríceps de un sujeto y el valor medio de las medidas es de 6,5 cm y su *ETM* = 0,12 cm, calcular el intervalo de confianza con $\alpha = 90\%$.

Solución: en primer lugar, $p < (1 - \alpha)/2 = 0{,}05$. Aplicando la ecuación (3) y sustituyendo obtenemos: (6,5 $\pm\, t_{0{,}05\,;\,9}$•0,12) cm. Buscando en una tabla: $t_{0{,}05\,;\,9} \approx 2{,}2622\ldots$; sustituyendo y redondeando queda: (6,5 ± 0,3) cm para $p < 0{,}05$.

4.4. Control y manejo de errores en medidas indirectas

Cuando el valor de una medida es consecuencia de una serie de operaciones realizadas con otros valores se dice que tal medida es indirecta. Por ejemplo, el cálculo de la masa grasa a partir de una fórmula.

La forma de calcular el error relativo o el intervalo de confianza de una medida indirecta consta de tres pasos (Albarrán e Isak, 2005).

1. En la ecuación de la medida indirecta *calcular* el logaritmo neperiano.
2. *Diferenciar* (derivar) la expresión obtenida.
3. Hacer las *diferencias finitas*.

Por ejemplo: queremos conocer el valor y el intervalo de confianza para $p < 0{,}05$ del índice ponderal

$$IP = \frac{Estatura}{\sqrt[3]{Peso}}$$

cuando la estatura es de (175 ± 1) cm y el peso (73 ± 1) kg ambos intervalos con $p < 0{,}05$.

Solución: aplicando los tres pasos a la ecuación del índice ponderal obtenemos:

1. En la ecuación de la medida indirecta *calcular* el logaritmo neperiano.

$$\ln(IP) = \ln\left[\frac{Estatura}{\sqrt[3]{Peso}}\right] \ln(Estatura) - \frac{1}{3} \cdot \ln(Peso)$$

2. *Diferenciar* (derivar) la expresión obtenida. Recordando que la derivada de $ln(x)$ es igual a dx/x siendo d el operador derivada (o diferencial, es decir, diferencia infinitesimal), el resultado de la derivada es:

$$\frac{d(IP)}{IP} = \frac{d(Estatura)}{Estatura} - \frac{1}{3}\,\frac{d(Peso)}{Peso}$$

3. Hacer las *diferencias finitas*. Es decir, sustituir los valores ± dx por $+\Delta x$. Mientras que el operador d era una diferencia infinitesimal, Δ es la diferencia finita que representa a un error. Concretamente Δx representa al error de la variable x. Es importante observar que, independientemente del signo, la diferencia finita siempre se suma:

$$\frac{\Delta(IP)}{IP} = \frac{\Delta(Estatura)}{Estatura} + \frac{1}{3}\frac{\Delta(Peso)}{Peso}$$

En resumen, el índice ponderal IP, tendrá un valor medio de:

$$IP = \frac{175}{\sqrt[3]{73}} \approx 41{,}87\ cm/kg^{1/3}$$

un error de la estimación de:

$$\Delta(IP) = \left[\frac{\Delta(Estatura)}{Estatura} + \frac{1}{3} \frac{\Delta(Peso)}{Peso} \right] \cdot IP \approx \left[\frac{1}{175} + \frac{1}{3 \cdot 73} \right] \cdot 41{,}87 \approx 0.43\ cm/Kg^{1/3}$$

y por tanto el intervalo de confianza para *IP* será: (41,87 ± 0,43) cm/kg$^{1/3}$ con $p < 0{,}05$.

Bibliografía

- Albarrán MA, Holway F. *Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica.* (ISAK Manual). Universidad de Puerto Rico. Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría. (June 26, 2005). Disponible en: http://www.isakonline.com
- Alonso M, Finn EJ. *Mediciones y unidades.* En: Alonso M, Finn EJ. *Física. Volumen 1. Mecánica.* Fondo educativo interamericano. Addison-Wesley. Massachussets. 1970; p. 15-30.
- Aragonés MT. *Cineantropometría: puntos anatómicos y técnicas de medición.* En: Libro de Ponencias: Jornadas de Estandarización del Grupo Español de Cineantropometría (GREC). Sant Cugat (Barcelona); 1989.
- Burbano S, Burbano E. *Física general.* Mira. Zaragoza. 1981; p. 6-17.
- Esparza F. *Manual de Cineantropometría.* Colección de Monografías de medicina del deporte. FEMEDE. 1993; p. 63-65.
- García Avendaño, Pérez, B. M. Perfil antropométrico y Control de Calidad en Bioantropología, Actividad Física y Salud. Ediciones. FACES/UCV. Caracas. 2002. p:174 .
- García P, Pérez BM. *Perfil antropométrico y Control de Calidad en Biocineantropología*, Actividad Física y Salud. Ediciones FACES/UCV. Caracas. 2002; p. 174.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes* [tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 2004; 85-93.
- Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C. Marfell-Jones M. *Measurements techniques in anthropometry.* En: K. Norton y T. Olds. Antropometrica. UNSW. Syndey. 1996; p. 25-75.
- OMS. Bioética. Temas y Perspectivas. Publicación Científica No. 527. Washington DC. 1990.
- Spiegel MR. *Estadística.* McGraw Hill. Madrid. 1991; p. 208-222.
- Spiridonov VP, Lopatkin AA. *Tratamiento matemático de datos físico-químicos.* Moscú. MIR. 1983; p. 53-96.
- Villasuso J. *La medida.* Disponible en URL: http://teleformacion.edu.aytolacor una.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/medidas/medidas_indice.htm. 2003.

UNIDAD II

Técnica antropométrica

Capítulo 5. PLANIFICACIÓN Y PROTOCOLOS DE MACROESTUDIOS ANTROPOMÉTRICOS COMO ÍNDICES DE SALUD

5. I

La
de
su

a
pc ic
comp
estar
pr u
ha li

Ex
ve ig
se e
se le
cri ri
La e
los cr
tas. C
se
co p

En
má u
na s
yecto,
rel a

El
anális
ca or
de e
identif
marco
pe il
llo: ol

Est
de n
físi s
su vez

l
tal c
didáct
Kinant
(Ur e

5. Planificación y protocolos de macroestudios antropométricos como índices de salud

Betty Méndez de Pérez
Marines Salazar Lioggiodice
Julieta Aréchiga Viramontes

5.1. Introducción y conceptos fundamentales

La planificación y puesta en marcha de macro y microproyectos de investigación involucran una serie de etapas, cada una con un peso igualmente importante, tanto de cara al interior del proyecto, como en su evaluación y éxito posterior.

La planificación es el eje central de las acciones futuras donde la estructura económica y la realidad política juegan el rol primordial. Asimismo, es importante que el planificador presente ante los organismos competentes, un análisis racional de la necesidad de llevar a cabo ese proyecto, de la misma manera debe estar en capacidad de anticipar los posibles obstáculos y responder, de manera práctica y efectiva, a las preguntas que se le formulen. En el planteamiento del proyecto, el planificador debe poseer, por igual, habilidad técnica y política. (Forester, 2002).

Existen numerosas propuestas metodológicas para la puesta en marcha de un proyecto de investigación, entre ellas la matriz multicriterio, que consiste en una serie de criterios para juzgar una serie de acciones, cada una de los cuales recibe una ponderación que refleja la importancia que se le asigna y, a continuación, cada acción evaluada es calificada en función de cada uno de esos criterios. La clasificación final de ellas será el promedio ponderado de sus calificaciones parciales. La ventaja de esta metodología es que permite ordenar y sistematizar el trabajo, haciendo explícitos los criterios según los cuales se comparan las bondades e inconvenientes de las distintas propuestas. Como inconveniente, el hecho de que sin son muchas las acciones evaluadas, constantemente será necesario revisarlas para subir o bajar puntos a determinadas acciones, a medida que se les compara. (Blalock, 2008)

En el desarrollo de este capítulo emplearemos la metodología del marco lógico o algoritmo, una de las más utilizadas para la formulación y evaluación de proyectos por la mayoría de los organismos internacionales (Banco Interamericano de Desarrollo, 1995). Esta metodología permite seguir todo el ciclo del proyecto, por tanto, su aplicación coadyuvará en la toma de decisiones, análisis y síntesis de la información relevante para el buen desarrollo de la propuesta. (*The World Bank,* 2004).

El marco lógico o algoritmo como enfoque para el diseño de un proyecto abarca diversas fases de análisis, tales como *la identificación del problema, de objetivos y selección de alternativas,* la especificación de actividades para dar salida a los objetivos planteados como resultados a obtener y el cálculo de recursos necesarios para darle respuesta; la definición de indicadores y fuentes de verificación y la identificación de supuestos de riesgo, los cuales quedan expresados de manera resumida en la matriz del marco lógico, la cual constituye una herramienta para facilitar la gerencia del proyecto. Esta metodología permite un diseño que satisface tres requerimientos fundamentales de calidad en un proyecto de desarrollo: coherencia, viabilidad y evaluación.

Esta misma propone un método para organizar y visualizar la interacción de los distintos elementos de un proyecto. Para este enfoque, los recursos humanos y materiales, expresados ambos en términos físicos o monetarios, constituyen los insumos básicos para que funcionen las actividades que permiten, a su vez, obtener ciertos productos.

El principio subyacente al enfoque del marco lógico es la relación de causa - efecto, base de la lógica tal y como ella existe desde que Aristóteles estableciera sus cimientos filosóficos y científicos. Con fines didácticos, se utilizará como ejemplo práctico en el área de la salud vinculada con la Cineantropometría o Kinantropometría, un proyecto sobre *Condición Nutricional y Biodiversidad de las Poblaciones Humanas.* (Universidad Complutense de Madrid, España, 2005).

5.2. Metodología de diseño de proyectos

Es bien sabido que el éxito en los proyectos radica en dos simples principios: objetivos claros y compromisos fuertes. Los objetivos solo pueden ser formulados claramente si las causas y los efectos de los problemas a resolver han sido analizados previamente (análisis de problemas). Los problemas no son hipótesis abstractas, sino que, por el contrario, son hechos reales que afectan a una población, grupos sociales e instituciones determinadas.

Identificación de problemas

Un problema se refiere a una situación que denota inconveniencia, insatisfacción o un hecho negativo. Para su identificación se recurre en muchos casos a la "lluvia de ideas", la cual permite arribar a un registro de la situación, mediante un listado simple de los principales problemas que aquejan a la población objetivo. Un proyecto correctamente formulado debe responder a las necesidades reales del grupo potencialmente beneficiario y asimismo al análisis objetivo de la situación actual. Al utilizar el **Método del Marco Lógico** la identificación del problema se realiza con la participación de todos los involucrados, es decir, en el **análisis de la situación y definición del problema** deben incorporarse todos los participantes, beneficiarios, sectores involucrados, opositores al proyecto y en general, todos aquellos que de manera directa o indirecta, puedan contribuir a llegar al meollo de la situación problema.

Tomemos como ejemplo para la formulación de un proyecto la definición del problema, por ejemplo, **presencia de sobrepeso y obesidad en la población infantil y juvenil**. Para definir el mismo, debería realizarse una convocatoria por parte del grupo coordinador de la investigación a todos los miembros del colectivo que, de alguna manera, participarán directa o indirectamente en el proceso, como beneficiarios (comunidad) o como actores de las acciones del proyecto, así como también, a los proveedores de recursos potenciales o reales. Para el caso que se utiliza como ejemplo deberían participar una ONG (Organización No Gubernamental), Organismo de Naciones Unidas (ONU), otra fuente de financiación, líderes formales o informales de la comunidad, representación de los potenciales beneficiarios y, sobre todo, debe contarse con la presencia de aquellas personas o sectores, según el caso, que puedan representar oposición al desarrollo del proyecto.

Análisis de problemas

Una vez determinado el problema fundamental, se analizan a continuación sus causas y sus efectos (Organización Panamericana de la Salud, 1994). El punto de partida es examinarlo correctamente, con la ayuda del instrumento metodológico denominado *árbol de problema* (Figura 5.1). Para ello, el primer paso consiste en la identificación del **problema central,** en este caso, presencia de sobrepeso y obesidad en población infantil y, adolescente, y después reconocer qué factores se constituyen a causa de éste, véase a continuación:

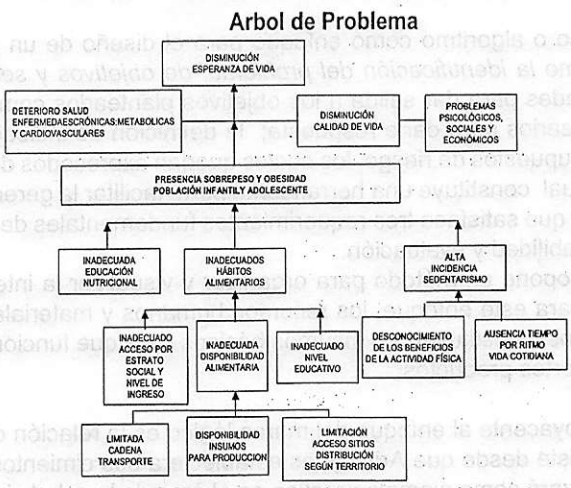


Figura 5.1. Árbol de problema. Proyecto: *Condición nutricional y biodiversidad de las poblaciones humanas*

Análisis de objetivos

El propósito de este paso es utilizar el **árbol de problemas** para identificar las posibles soluciones al mismo, las cuales podrían ser expresadas como **manifestaciones contrarias.** Esta acción da lugar a la conversión del árbol de problemas en un **árbol de objetivos,** que resulta de la trascripción de los problemas identificados en sentido positivo; los mismos se convertirán en futuras salidas de la investigación de manera tal que la secuencia encadenada de abajo hacia arriba de causas-efectos, se transforma en un flujo interdependiente de medios y fines.

La identificación de la población objetivo se define como la población directamente beneficiada por el proyecto. Forma parte de la población afectada, pero no necesariamente la incluye toda; su alcance depende de la meta planteada y del ámbito geográfico sobre el que se decida actuar.

Análisis de alternativas

Las alternativas constituyen la factibilidad real y objetiva de llevar a cabo el proyecto. Por ejemplo, si debido a la disponibilidad de recursos solo se puede desarrollar el área que se corresponde con los aspectos relacionados a los hábitos alimentarios, se diseñará un proyecto que solo responderá al área cuyo propósito esté dirigido a lograr hábitos sanitarios adecuados. En el proyecto tomado como ejemplo, el problema central que se corresponde con **la disminución del sobrepeso y la obesidad en población adolescente e infantil,** probablemente constituya un factor causal de un problema de jerarquía mucho mayor, en vista de que uno de sus logros consistiría, por una parte, en disminuir el riesgo de las enfermedades metabólicas y cardiovasculares y por la otra, incrementar la esperanza de vida. En el ejemplo que nos ocupa, las posibles alternativas para solucionar el problema de sobrepeso y obesidad en las poblaciones antes señaladas, podría contemplar el diseño y puesta en marcha de un programa eficiente para incrementar la actividad física, aunado a una campaña educativa, con este fin, en los medios de comunicación.

5.3. Los objetivos

Un proyecto bien diseñado debe tener un solo propósito. Esta es la regla de oro en diseño de proyectos y el punto de partida para garantizar la coherencia del mismo. El propósito debe estar claramente definido, especificando el cambio o resultado final deseado.

En un proyecto relacionado con *evaluación nutricional antropométrica,* se elegirán los parámetros de acuerdo al problema a investigar. Éstos podrían depender del tipo de población, edad, sexo y etnia. Se debe agregar a lo anteriormente descrito, un estudio socioeconómico y obtener un conocimiento previo de sus valores y creencias católicos, musulmanes, budistas, mormones, etc..., las cuales en todo momento deben ser respetadas, de esta manera se seleccionará debidamente al grupo o población, e inferir el beneficio que se tendrá, encausando los resultados hacia una intervención positiva y oportuna en la salud de los individuos con pronóstico de riesgo.

Los *indicadores antropométricos* deben ser cuidadosamente definidos y precisos, para valorar adecuadamente el problema planteado y sus repercusiones a futuro. Es asimismo indispensable establecer (con base a los parámetros antropométricos) *perfiles que especifiquen los valores límite de riesgo* para la salud, -en el caso de la nutrición- una malnutrición por defecto o por exceso. De esta manera se podrá identificar a los individuos que necesitan una intervención personalizada o, si se trata de grupos poblacionales, orientar una actuación por parte de instituciones gubernamentales o privadas, adecuadas a sus edades, sexos, valores y creencias.

En un proyecto sobre condición nutricional y propuesta de indicadores a nivel internacional, el propósito estará dirigido a disminuir la obesidad y el sobrepeso en población adolescente e infantil. Con este fin se desarrollarán diferentes actividades, entre las cuales resultará prioritaria la *elaboración de estándares de referencia* que recojan la diversidad biológica de las poblaciones involucradas, para el diagnóstico del sobrepeso y obesidad durante la infancia y la juventud. Para este proyecto, **la definición de estándares se convierte en la producción de un nuevo conocimiento** a incluir como parte de los resultados que se pretenden obtener.

5.4. Actividades

Para cada uno de los objetivos propuestos se definirán las actividades que permitirán la consecución de cada resultado. Por ejemplo, para la definición de estándares que se está utilizando habría que conceptualizar lo siguiente:

1. Diseño de estándares antropométricos y nutricionales.
2. Aplicación en población piloto para validación de los resultados.
3. Propuesta de metodología para la generalización de los estándares.

5.5. Los indicadores

En el contexto del marco lógico, *los indicadores constituyen las herramientas necesarias para el logro de los objetivos del proyecto y para evaluar el cumplimiento de los resultados esperados.* (Kusek JZ, Rist RC, 2004).

Para el ejemplo que se utiliza, si el resultado a obtener es la definición de estándares antropométricos y nutricionales, el indicador para este fin se definirá como: *diseñados y validados los estándares antropométricos y nutricionales para diagnóstico de sobrepeso y obesidad en población adolescente iberoamericana.*

Cada resultado debe corresponderse con un indicador, el cual debe ser lo más objetivo, preciso y sujeto a una posible verificación.

En el caso de las actividades no se definen indicadores sino que en la columna correspondiente se formulan los recursos necesarios: humanos, materiales, de equipamiento entre otros.

Los medios de verificación

Describen las fuentes de información necesarias para la recopilación de los datos que permiten el cálculo de los indicadores y para validar la información y los resultados esperados. En este caso los productos de la investigación que dan cuenta de la construcción de estándares y la validación de los mismos, constituyen *per se* la fuente de verificación. *Para cada indicador se definirá en consecuencia la fuente de verificación pertinente.*

La matriz del marco lógico constituye la base del sistema de monitorización del proyecto. Por lo general, el sistema de monitorización y evaluación describe las etapas, personas, eventos, procedimientos, documentos y datos que deben ser usados para realizar el seguimiento de la ejecución del proyecto. (PNUD, 2002).

Los supuestos

Un proyecto en poblaciones humanas nunca se ejecuta en el vacío social, ni es un experimento de laboratorio en el cual se puedan determinar a voluntad las variables que intervienen en el proceso. Por el contrario, todo proyecto de esta naturaleza afronta riesgos, ya sea de carácter natural, político-social, cultural o de otra índole, los cuales podrían ocasionar el fracaso de estos mismos, pese a su buena gerencia. El marco lógico permite la incorporación de estas condiciones del entorno en el diseño del proyecto, mediante la columna de supuestos.

Se debe tener presente que los riesgos se refieren a situaciones negativas que puedan presentarse en el entorno del proyecto, en la dinámica de la población objetivo o la entidad ejecutora y que pueden, eventualmente, impedir el logro de los objetivos. La función de la columna de supuestos es proporcionar una visión clara de las dificultades de este tipo, así como de sus posibles medios de neutralización.

El entorno social, económico, político, cultural y natural, al tiempo que constituye la base objetiva que sustenta una intervención, también podría bajo determinadas circunstancias, representar riesgos para el desarrollo del proyecto. Dichos riesgos, en algunas ocasiones, podrían ser neutralizados, pero en otras

podrían ser el indicio de una alteración estructural en el entorno. En el primer caso, deben ser incorporadas las correspondientes medidas de mitigación o neutralización en el marco de la estrategia del proyecto. Si, en cambio, los riesgos son de carácter no neutralizable y de ocurrencia muy probable durante la vigencia del proyecto, este sería inviable.

5.6. Riesgos y medios de neutralización

El *análisis de riesgos* es la parte que suele presentar mayores dificultades en la elaboración del marco lógico. Se cuestiona el carácter del riesgo concreto: ¿es neutralizable o no?. En el primer caso, si es así, inmediatamente se derivan los *medios de neutralización* correspondientes y se incorporan a la columna de objetivos del proyecto, ya sea como componente o como una actividad adicional dentro del mismo. Es oportuno recordar que la columna de objetivos contiene, por lo general, los factores controlables del proyecto. Si no son neutralizables, entonces, se hace una segunda cuestión: ¿es probable que el riesgo se presente durante la vigencia y en el ámbito del proyecto? Si la respuesta fuera negativa, el proyecto sería viable y el supuesto expresado en términos de un riesgo negado. Desde el punto de vista estrictamente económico, un proyecto es un proceso de transformación de insumos (o recursos) en productos. Este proceso podría implicar el despliegue de una larga cadena mediante la cual paulatinamente se va "agregando valor" a los insumos, hasta que estos quedan convertidos en el objetivo final del proyecto.

A continuación se describe la matriz del marco lógico en el cual se inserta el proyecto que se ha tomado como ejemplo (Figura 5.2).

	Indicador	Fuente verificación	Supuesto/Riesgo
Fin o meta Elevar la esperanza de vida en población infantil y de adolescentes iberoamericana	5% de población con disminución de riesgo por sobrepeso en la población infantil y adolescente		
Propósito Disminuir el sobrepeso y la obesidad en población infantil y de adolescentes iberoamericana	Disminuir el sobrepeso en el 10 % de la población objeto de intervención en el periodo de 5 años	Informe final	
Resultados • Perfeccionar los hábitos alimentarios	Modificados los hábitos en x% de la población en 2011	Resultados Encuesta Nutricional	No aceptación de la población de la modificación de hábitos alimentarios
• Diseñar estándares antropométricos y nutricionales para detectar sobrepeso y obesidad	Diseñados estándares antropométricos y nutricionales	Metodología de estándares antropométricos y nutricionales	No participación de la población en los estudios de medición antropométrica
Actividades 1. Capacitación a personas y grupos en contacto con la población objetivo 2. Conformación de grupo de investigación 3. Diseño de indicadores antropométricos y nutricionales			

Figura 5.2. Matriz de marco lógico

En la consecución del desarrollo de esta temática, es indispensable la elaboración de una ficha técnica que resuma la propuesta total (Figura 5.3). Datos correspondientes al componente estado nutricional y biodiversidad de las poblaciones humanas. Se muestra una ficha técnica del proyecto a modo de ejemplo. (Figuras 5.3, 5.4 y 5.5).

CATEGORÍA	ENUNCIADO
Problema	El sobrepeso y la obesidad constituyen un problema de salud pública en países desarrollados y en vías de desarrollo.
Objetivo general del proyecto	Elaborar los estándares de referencia de indicadores directos de la composición corporal para su aplicación inmediata, tanto en la clínica como para la vigilancia epidemiológica.
Objetivos específicos	1. Establecer criterios metodológicos, fundamentados en la composición corporal, para consensuar la definición de sobrepeso y obesidad durante la infancia y la juventud. 2. Seleccionar aquellos indicadores de adiposidad que mejor se adapten a cada población, tomando en cuenta su biodiversidad étnica e influencia del medio geográfico. 3. Aportar estándares de referencia aplicables tanto a nivel general como en poblaciones concretas. 4. Evaluar la condición física de niños y jóvenes incluidos en el estudio.
Actividades	• Contacto con las comunidades de los sitios de habitación de los niños y jóvenes involucrados en el proyecto. • Elaboración y adaptación de los protocolos de evaluación antropométrica, socioeconómicos y nutricionales. • Estandarización de los encuestadores. • Toma directa de datos antropométricos, de composición corporal, socioeconómicos y nutricionales de la población seleccionada. • Transcripción de la información recolectada. • Validación y control de calidad de los datos.
Metas	12.000 niños y jóvenes
Productos	• Establecimiento de criterios metodológicos fundamentados en los indicadores de composición corporal. Construcción de estándares del estado nutricional y composición corporal, para caracterizar el sobrepeso y la obesidad durante la infancia y juventud. • Construcción de una tabla de percentiles con los valores antropométricos de las variables seleccionadas de las series obtenidas en cada país. • Establecimiento de valores límite para el diagnóstico del sobrepeso y la obesidad. • Construcción de estándares del estado nutricional y composición corporal. • Presentación del informe final.
Recursos	10 profesionales con experiencia en las áreas involucradas. 10 técnicos y auxiliares de investigación. Material bibliográfico. Material fungible Instrumental técnico. Espacio físico en cada uno de los centros de investigación.
Presupuesto	52.000 €

Figura 5.3. Evaluación de la planificación del proyecto. Análisis de consistencia. Categorías del proyecto. (Síntesis)

CATEGORÍAS	PALABRAS CLAVE	SIGNIFICADO	RELACIÓN DE SIGNIFICADO	DEFINICIÓN CUANTITATIVA DEL INDICADOR
Problema: sobrepeso y obesidad en niños y jóvenes iberoamericanos	Sobrepeso, obesidad, niños, jóvenes en Iberoamérica	Detección	El proyecto está dirigido a niños, niñas y adolescentes entre 4 y 18 años de edad	Nº niños evaluados Población total de 4 a 18 años
Objetivo general Establecer una propuesta basada en indicadores directos de la composición corporal y elaborar los estándares de referencia, necesarios para su aplicación inmediata en la clínica y en la vigilancia epidemiológica	Indicadores, composición corporal	Indicadores directos para el diagnóstico Elaboración de estándares de referencia	Aplicación en situación de clínica y en la vigilancia epidemiológica	N° niños evaluados Niños totales pertenecientes a los diferentes sectores poblacionales N° de niños con sobrepeso N° total de niños evaluados N° de niños con obesidad Índice de centripetalidad N° de niños evaluados en todas las series consideradas Índice de conicidad
Actividades: Contacto con las comunidades de las áreas geográficas de residencia de los niños y jóvenes involucrados en el proyecto	Contacto comunidades, hogares, escuelas	Preparación del instrumental	Enlace entre los sujetos y los investigadores	
Elaboración y adaptación de los protocolos de evaluación nutricional antropométrica, socioeconómica y nutricional	Protocolos, antropometría nutricional, Nivel socioeconómico	Preparación del instrumental	Información primaria	
Estandarización de los encuestadores	Estandarización	Control de calidad	Confiabilidad, exactitud, veracidad y precisión de los datos antropométricos	Error técnico de medición ETM= $\sqrt{\sum_i^2 d}/2n$
Toma directa de datos antropométricos y de composición corporal, socioeconómicos y nutricionales de la población seleccionada	Antropometría, composición corporal, estrato socioeconómico, hábitos alimentarios	Recolección de la información	Detectar posibles riesgos epidemiológicos y de salud	
Construcción de estándares del estado nutricional y composición corporal	Estándares antropométricos	Referente nutricional y de composición corporal	Ubicar y categorizar a la población	

Figura 5.4. Ficha técnica del proyecto

INDICADOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO O TÉCNICA DE RECOLECCIÓN
Número de personas evaluadas	Primarias: Registros de la información de los sujetos evaluados por población, o sector, en cada área de estudio	Protocolos
Número de niños con sobrepeso		
Número de niños con obesidad entre el número total de niños evaluados	Registros de la información de los sujetos evaluados en cada grupo de población por áreas de estudio	Protocolos
Frecuencia de niños con sobrepeso		
Frecuencia de niños con obesidad	Registros de la información de los sujetos evaluados en cada grupo de población por áreas de estudio	Protocolos
Frecuencia de jóvenes con sobrepeso		
Frecuencia de jóvenes con obesidad	Clasificación según categorías de indicadores de composición corporal según estándares elaborados	

Figura 5.5. Construcción de indicadores

Bibliografía

- Banco Interamericano de Desarrollo. Oficina de Evaluación (EVO). *Evaluación: Una herramienta de gestión para mejorar el desempeño de los proyectos*, 1995.
- Blalock Hubert. *Power and Conflict. Toward a General Theory.* California, Sager, 2008.
- Forester. *Planning in the face of power.* New York. Haper and Row Publishers. Capítulo 1. The challenges of planning practice: 2007 2002; 3-13.
- Kusek JZ, Rist RC. *A handbook for development practioners; ten steps to a result-based monitoring and evolution system.* Capítulo 3. Washington, D.C: The World Bank; 2004. (Doc. 29672).
- Organización Panamericana de la Salud. *Enfoque Lógico para la Gestión de Proyectos de la OPS en la OPS.* Manual del Instructor. Mayo, 1994.
- PNUD. *Manual de seguimiento y evaluación de resultados.* New York: UNDP/Evaluation Office; 2002.
- The World Bank. *Monitoring & Evaluation: Some Tools, Methods & Approaches.* Washington D.C; The World Bank; 2004.
- Universidad Complutense de Madrid. España. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Zoología y Antropología Física. *Proyecto: Condición Nutricional y Biodiversidad de las Poblaciones Humanas.* (CGL2004-0315/BOS) 2005-08.

UNIDAD II
Técnica antropométrica

Capítulo 6. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN CINEANTROPOMETRÍA

6. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN CINEANTROPOMETRÍA

Enrique Ordaz Romay

6.1. Introducción

En un proyecto científico actual se conoce como tratamiento de la información a todos los procesos físicos, matemáticos e informáticos que, iniciándose con los datos obtenidos en una serie de medidas concluyen con unos resultados preparados para ser interpretados por los científicos del proyecto.

De esta forma, en dicho proyecto tendremos dos tipos de personal cualificado: el científico especialista en la rama a la que pertenece el proyecto (en nuestro caso lo llamaremos cineantropometrista) y el científico especialista en el tratamiento de la información (que por tradición llamaremos estadístico). Este último deberá conocer los procesos físicos de medida (entender su significado), la estadística-matemática y la programación informática (especialmente el manejo de bases de datos); todo ello de cara a ofrecer al cineantropometrista unos resultados interpretables de forma simple y clara. El esquema básico del proyecto, siguiendo el método científico tradicional, está representado en la Figura 6.1.

Dentro del tratamiento de la información distinguimos tres partes:

1. Definición y estructuración de la base de datos cineantropométrica.
2. Una vez hecho el registro en la base de datos: tratamiento de los valores y obtención de resultados mediante la Estadística Descriptiva, que aplicaremos en sus pasos tradicionales:
   a) Descripción y valoración de la muestra, elección de confianza y ρ – valor del estudio.
   b) Ordenación, clasificación y representación de los datos de la muestra.
   c) Aplicación de pruebas y contrastes para determinar el comportamiento de la muestra.
   d) Cálculo de estadísticos que permitan describir los datos obtenidos por aplicación de la técnica cineantropométrica, de forma completa y general.
3. Formulación de hipótesis y obtención de resultados: mediante el contraste de hipótesis que, dentro del método estadístico, se encarga de aplicar las pruebas, test y contrastes necesarios para aceptar o rechazar dichas hipótesis y, en base a ello, plantear resultados estadísticamente coherentes con los datos.

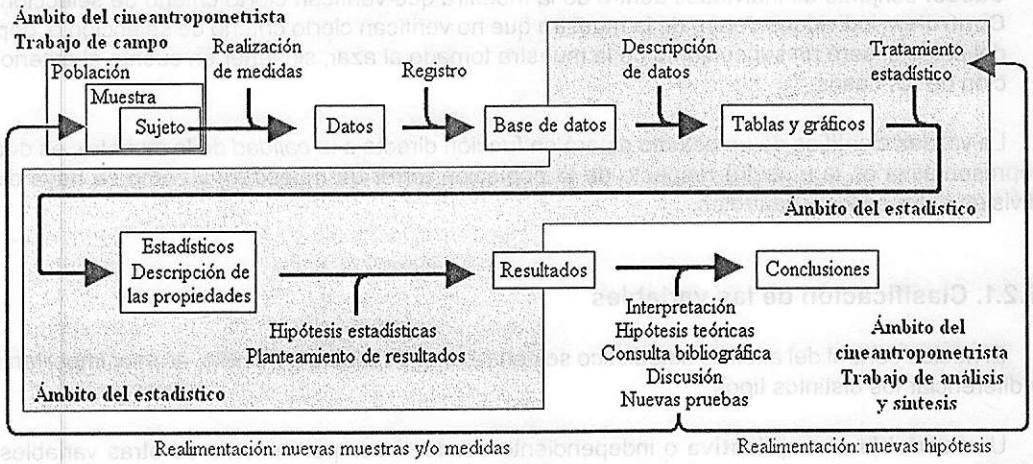


Figura 6.1. Esquema básico del proyecto científico cineantropométrico

Una vez planteados los resultados estadísticamente coherentes con los datos obtenidos, al cineantropometrista le queda la labor de analizarlos, interpretarlos, explicarlos teóricamente y obtener conclusiones coherentes con los resultados obtenidos por otros estudios anteriores.

En muchas ocasiones, especialmente al principio del proyecto, la discusión y conclusiones preliminares plantearán nuevas hipótesis que deberán ser enunciadas en términos de análisis sobre la base de datos, y remitidas nuevamente al estadístico para su tratamiento, comprobación o verificación.

De esta forma, en la actualidad, el tratamiento de la información, y dentro de él, la estadística, son una pieza clave de cualquier trabajo experimental, representando el nexo entre los datos obtenidos durante la investigación y las conclusiones.

6.2. Conceptos básicos de estadística

La estadística parte de una serie de definiciones que, de más general a más particular son:

- **Población:** es el conjunto de todos los elementos que cumplen determinados criterios de definición y entre los cuales se desea estudiar un fenómeno concreto. A sus cualidades estadísticas se les llama parámetros.
- **Muestra:** es el subconjunto de la población que será estudiado y a partir del cual se pretenden sacar conclusiones sobre las características de la población. La muestra debe ser representativa, en el sentido de que las conclusiones obtenidas deben servir para el total de la población. A sus cualidades estadísticas se les llama estadísticos.
- **Individuo:** elemento concreto dentro de una muestra.
- **Variables:** cualidad o magnitud medible en el individuo. Es decir, cada individuo tendrá un valor concreto para cada variable. Normalmente el estudio estadístico se realiza clasificando u ordenado los individuos en función de una o varias variables.
- **Carácter o simplemente valor:** cada uno de los valores que puede tomar una variable. Los caracteres nos indican los criterios de inclusión en la población, muestra o grupo.

Por tanto, una población está compuesta por todos los individuos, una muestra es un subconjunto dentro de la población y un individuo, finalmente, es un conjunto de variables.

Normalmente, el estudio se basará en la comparación, dentro de la muestra, de individuos que cumplan determinada cualidad frente a aquellos que no la cumplan (por ejemplo: deportistas frente a no deportistas). De esta forma la muestra se divide muchas veces en dos grandes grupos:

- **Casos:** conjunto de individuos dentro de la muestra que verifican cierto criterio de selección.
- **Controles:** individuos dentro de la muestra que no verifican cierto criterio de selección o, dependiendo del estudio, será un subconjunto de la muestra tomado al azar, sin tener en cuenta el criterio de selección de los casos.

La validez científica de un estudio estará en función directa a la *calidad* de la muestra, es decir, a cuan representativa es la muestra respecto de la población (error de muestreo) y cómo se haya diseñado la división entre casos y controles.

6.2.1. Clasificación de las variables

El núcleo central del análisis estadístico se centra en las variables. Por ello, es muy importante conocer y diferenciar los distintos tipos.

Una **variable** es **explicativa** o independiente cuado el comportamiento de otras variables depende de ella y, por tanto, es candidata a servir de explicación. Son las causas de las variaciones. Cuando sea una variable discreta normalmente se usará como variable de clasificación (por ejemplo, sexo), pero si es continua, se usará normalmente como variable de ordenación (por ejemplo, talla). Normalmente existen diversas variables explicativas.

Las **variables respuesta** o dependientes son aquellas cuyas variaciones se intentan explicar y sobre las cuales se realizarán los cálculos estadísticos. Causalmente son los efectos.

Por ejemplo, en un estudio de crecimiento la edad y/o el sexo son variables explicativas, mientras que la altura o el peso son variables respuesta. Igualmente, en estudio sobre deporte, las horas de entrenamiento o la alimentación son variables explicativas y la masa muscular y/o la mesomorfia son variables respuesta.

Según los caracteres que pueden tomar las variables, estas se dividen en: **cuantitativas,** toman valores numéricos continuos (altura, pliegue subescapular,...) y **cualitativas,** toman valores discretos. La cualitativas se dividen en: dicotómica, toma solo dos valores (por ejemplo: sexo, lateralidad (diestro/zurdo), ...); nominal, los diferentes caracteres no tienen orden (color de pelo, raza, ...) y ordinal: los caracteres sí tienen orden (edad en años, horas deporte, número de lesiones en rodilla,...).

6.2.2. La elección de la muestra. Errores y técnicas de muestreo

Cuando se utilizan valores muestrales o estadísticos para estimar valores poblacionales, o parámetros, pueden ocurrir dos tipos generales de errores.

- El **error muestral** o de muestreo: se refiere a la variación natural existente entre muestras distintas tomadas de la misma población, por el hecho de ser distintas.
- Los **errores no muestrales:** son los demás errores que pueden surgir durante el proceso estadístico; uno de los más importantes es el error de sesgo.

El concepto de error muestral se ilustra con el siguiente ejemplo. Aunque se haya tenido gran cuidado para asegurar que dos muestras del mismo tamaño sean representativas de una cierta población, no esperaríamos que las dos fueran idénticas en todos sus detalles. Las diferencias estadísticas entre estas dos muestras serán debidas al error muestral.

El error de muestreo debe ser distinguido del sesgo o error sistemático, que se debe a deficiencias técnicas, por ejemplo, de diseño, de conducción del estudio, técnica, instrumento de medida, etc.

El sesgo de las muestras es un tipo de error no muestral y se refiere a una tendencia sistemática inherente a un método de medida que proporciona estimaciones de un parámetro que son menores (sesgo negativo), o mayores (sesgo positivo) que el parámetro real.

El error muestral puede suprimirse, o minimizarse, usando la técnica de aleatorización. Esta se refiere a cualquier proceso de selección de una muestra de la población en la que la selección es imparcial; una muestra elegida con procedimientos aleatorios se llama muestra aleatoria.

Los tipos más comunes de técnicas de muestreo aleatorio son el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado, el muestreo por conglomerados y el muestreo sistemático.

Si una muestra aleatoria se elige de tal forma que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados, la llamamos muestra aleatoria simple.

El muestreo estratificado es aquel que atiende a determinados parámetros de distribución por grupos poblacionales dentro de la elección, aunque dentro de cada grupo la elección sea al azar.

Por ejemplo: tomar una muestra de un 50% de hombres y el otro 50% de mujeres, aunque tanto los hombres entre sí y las mujeres entre sí sean seleccionados aleatoriamente. De esta forma eliminamos algunos errores muestrales.

6.3. La metodología estadística

La metodología estadística son los distintos pasos que conducen desde los datos hasta los resultados preparados para aplicarles una interpretación especializada.

6.3.1. Índices de confianza α y ρ–valor. Estimación de parámetros

El índice de confianza para los resultados ($\alpha_{resultados}$) es el grado de certeza que se tiene en que, los estadísticos obtenidos para una muestra, serán aplicables a la población de la cual hemos extraído dicha muestra.

En el capítulo de calidad de la medida se introdujo el concepto de índice de confianza para la medida (α_{medida}). Al producto de ambos índices de confianza se le llama índice de confianza del estudio: $\alpha_{estudio} \leq \alpha_{resultados} \cdot \alpha_{medida}$. Se suele llamar simplemente α al $\alpha_{resultados}$.

La forma de proceder con el cálculo de la confianza de los resultados es análoga a la que se hace con la medida. Sin embargo, ahora los datos que tenemos son los promedios muestrales $\bar{x}$, las desviaciones estándar *s* y el número de individuos de la muestra *n*. La forma del intervalo de confianza para que el resultado de la muestra coincida con el valor poblacional esperado con una confianza α es:

$$\bar{x} \pm t_{1-\alpha/2}(n-1)\cdot\frac{s}{\sqrt{n}}$$

siendo $t_{(1-\alpha/2)}(n-1)$ la función *t* de Student. Los valores de $t_{(1-\alpha/2)}(n-1)$ se pueden obtener en el apéndice A. Al valor $p < (1-\alpha)/2$ se le llama *p* – valor y representa el grado de precisión de los resultados.

Es una buena práctica establecer al principio del estudio los valores adecuados de α y *p* para los distintos grupos y subgrupos en función de su número de individuos, como parte de la descripción de la muestra. Una forma de determinar el valor mínimo de α es sabiendo qué confianza deseamos tener en el estudio. Conocida α_{medida} entonces: $\alpha > \alpha_{estudio}/\alpha_{medida}$.

6.3.2. Contraste de hipótesis

Dada una muestra, el contraste de hipótesis verifica si una premisa a la que llamamos hipótesis se verifica o no según el grado de certeza con el que estemos trabajando.

Dada una muestra de tamaño *n* (grados de libertad *n* –1) y un *p*-valor ($p < (1-\alpha)/2$), el contraste de hipótesis constará básicamente de tres partes:

- **Hipótesis nula (H_0)**: es la hipótesis que se desea verificar. H_1 es la contraria.
- **Estadístico de contraste (*x*)**: es la función que equivale matemáticamente a H_0.
- **Distribución del estadístico ($X_{(1-\alpha)/2;\, n-1}$)**: es la función de distribución que debe seguir el estadístico. Depende del índice de confianza de los resultados α y de *n*.

El contraste se realiza haciendo la desigualdad $x < X_{(1-\alpha)/2;\, n-1}$. Si tal desigualdad es cierta se verifica H_0 con una precisión *p*. En caso contrario se verifica H_1.

6.3.3. Métodos estadísticos aplicables a una muestra antropométrica

La estadística consiste en la utilización de una serie de parámetros, pruebas y contrastes que permitan encontrar relaciones entre las distintas variables. Es decir, patrones que indiquen que existe correlación entre determinadas variaciones en las variables explicativas y variaciones en las variables respuesta.

Si en una prueba se supone que la distribución de la variable es normal, se dirá que la prueba es **paramétrica**. En caso de no hacerse ninguna suposición sobre la distribución, la prueba será **no paramétrica**. Así, conocer la forma de la distribución de la variable es importante para elegir la prueba adecuada. Por ello, en muchas ocasiones es imprescindible utilizar pruebas previas que nos permitan decidir qué técnica, prueba, test o contraste se utilizará en el análisis.

La técnica estadística dependerá de: el número de variables (una o más variables), el tipo de variables, la distribución y el tipo de datos.

Las Tablas 6.1, 6.2 y 6.3 son tablas de decisión sobre las técnicas más comunes a seguir en cineantropometría.

Tipo de variable	Tipo de técnica	Técnicas
Cuantitativa	Paramétrica	Prueba bondad de ajuste: χ^2
	Paramétrica	Estadísticos descriptivos básicos
	No – paramétrica	Estadísticos descriptivos robustos
Cualitativa	No – paramétrica	Test de Smirnov-Kolmogorov ($n > 30$), Test de Shapiro-Wilk ($n < 20$)
Dicotómica	No – paramétrica	Prueba z (para una variable)
Ordinal y nominal	No – paramétrica	Test de Wilcoxon (signos)

Tabla 6.1. Técnicas estadísticas para el análisis de una sola variable

Variable explicativa	Variable /s-respuesta	Técnica
Cuantitativa	Cuantitativa	Correlación, Regresión lineal, Técnicas de Cox – Box.
Dicotómica	Cuantitativa	Prueba *t* – Student, *F* de Snedecor
	Cuantitativa (pareada)	Test *t* – Student pareadas
Ordinal y nominal	Cuantitativa	Test ANOVA, MANOVA

Tabla 6.2. Técnicas estadísticas paramétricas para el análisis de dos variables

Variable explicativa	Variable /s-respuesta	Técnica
Dicotómica	Dicotómica	Prueba z, χ^2 de Pearson, Test exacto de Fisher ($n <<$)
	Dicotómica(pareada)	Prueba de McNemar
	Nominal	Prueba χ^2 de Pearson
	Ordinal	Pruebas de Mann – Whitney – Wilcoxon
	Ordinal (pareada)	Prueba de signos pareado
Nominal	Dicotómica	Prueba χ^2 de Pearson
	Ordinal	Test de Kruskal – Wallis

Tabla 6.3. Técnicas estadísticas no paramétricas para el análisis de dos variables

6.4. Análisis de las técnicas estadísticas básicas

Al asumir que una variable sigue una distribución normal, debido a que las pruebas de bondad de ajuste son positivas, se calculan los estadísticos descriptivos básicos.

6.4.1. Concepto e interpretación de los estadísticos descriptivos básicos

A. Medidas centrales. Estiman el valor más probable.

Media ($\bar{x}$): posición equidistante de todos los valores de la muestra. Su fórmula es:

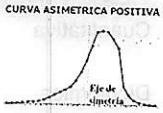
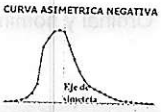
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

siendo x_i el valor de la variable para el sujeto número *i* y *n* tamaño de la muestra o grupo.

Coeficiente de asimetría de Fisher: indica cuan simétrica es nuestra distribución respecto del valor central. Este coeficiente viene definido por la expresión:

$$g_1 = \frac{\frac{1}{n}\sum (x_i - \bar{x})^3 n_i}{\left(\frac{1}{n}\sum (x_i - \bar{x})^2 n_i\right)^{3/2}}$$

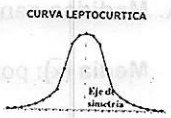
Los resultados pueden ser los siguientes:

g1 = 0 distribución simétrica	Existe la misma concentración de valores a la derecha y a la izquierda de la media	
g1 > 0 distribución asimétrica positiva	Existe mayor concentración de valores a la derecha de la media que a su izquierda	
g1 < 0 distribución asimétrica negativa	Existe mayor concentración de valores a la izquierda de la media que a su derecha	

Coeficiente de Curtosis de Fischer: analiza el grado de concentración que presentan los valores alrededor de la zona central de la distribución. Es decir, nos indica si nuestra muestra es homogénea o está distribuida en el rango de valores que toma.

$$g_2 = \frac{\frac{1}{n}\sum (x_i - \bar{x})^4 n_i}{\left(\frac{1}{n}\sum (x_i - \bar{x})^2 n_i\right)^{2}} - 3$$

Se definen tres tipos de distribuciones según su grado de curtosis:

g2 = 0 distribución mesocúrtica	La concentración de valores en torno al valor medio es como la distribución normal	
g2 > 0 distribución leptocúrtica	Los valores se acercan más al valor medio que en la distribución normal	
g2 < 0 distribución platicúrtica	Los valores se acercan menos al valor medio que en la distribución normal	

B. Medidas de posición. Sitúan a un valor dentro de la distribución e informan sobre la posición en la que se encuentra un individuo al pertenecer a una población con distribución normal.

Cuartiles: valores que dividen una serie ordenada en cuatro partes iguales. Se usan en muestras pequeñas.
Deciles: valores que dividen una serie ordenada en diez partes iguales.
Percentiles: valores que dividen una serie ordenada en cien partes iguales. Se usan en muestras grandes.

Todos ellos son unidades desiguales de medición, lo cual no permite su tratamiento aritmético, no son medibles, ni combinables, ni pueden realizarse operaciones matemáticas con ellos. No obstante, son de gran utilidad para grandes muestras de valores cineantropométricos que son tomados como valores de referencia poblacional.

C. Medidas de dispersión

Amplitud: diferencia entre la observación mayor y la menor.
Varianza (s^2): estadístico que cuantifica la dispersión de una variable alrededor de su media.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Se divide entre *n*-1 cuando se pretende estimar la varianza poblacional a partir de una muestra. Se divide entre *n* cuando se trabaja con toda la población.

Desviación típica o estándar (s o σ): se calcula como la raíz cuadrada de la varianza. Sus unidades son las mismas que las del promedio. Esto permite la comparación directa con los estadísticos de posición. A partir de ella se calcula el error estándar de la media (*EEM*).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \qquad EEM = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Coeficiente de variación (CV): índice estadístico que nos indica la variabilidad de la muestra. Por ser un índice no tiene unidades y, por ello, se puede utilizar para comparar dispersiones entre variables que tienen diferentes unidades. Por otra parte, al ser dependiente del tamaño de la muestra también se usa para la comparación directa entre resultados de distintas poblaciones. Por ejemplo: para comparar los resultados de dos estudios independientes o de un estudio con valores estándares.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

La utilidad de este estadístico es relativa, puesto que las comparaciones entre variables se realizan normalmente mediante la prueba *F* de Snedecor.

6.4.2. Estadísticos descriptivos robustos

Se utilizan para describir distribuciones que no se adapten a la distribución normal. Es decir, cuando las pruebas de bondad de ajuste han sido negativas.

A. **Medidas de tendencia central.** Dan una idea del valor en torno al cual se distribuyen los valores obtenidos. Será más o menos representativo en función de la homogeneidad de la muestra.

Mediana (Me): el valor que divide una serie ordenada en dos partes iguales. Se calcula ordenando la serie de datos y seleccionando aquel valor que divide la cantidad de datos en dos partes iguales. Si el número de datos es par, la mediana es el promedio de los dos valores centrales. La mediana es el valor que sustituye a la media en las distribuciones no normales.

Moda (Mo): valor más frecuente en la muestra. No es muy utilizado excepto en casos muy concretos.

B. **Medidas de posición:** cuartiles, deciles o percentiles.

C. **Medidas de dispersión.** Dan una idea de lo agrupadas o alejadas al valor central, que se encuentran en los valores obtenidos en la variable de estudio. Si están próximas, hablamos de muestras homogéneas, si están muy alejadas hablamos de muestras no homogéneas o dispersas.

Amplitud: diferencia entre la observación mayor y la menor.

Varianza$_+$ y Varianza$_-$ (s_+^2 y s_-^2): es la varianza calculada con los valores mayores y menores que la mediana respectivamente:

$$s_+^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \tilde{x})^2}{n-1} \text{ con } x_i \geq \tilde{x} \quad s_-^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \tilde{x})^2}{n-1} \text{ con } x_i < \tilde{x}$$

De igual forma se calculan las desviaciones estándar (s_+ y s_-) como las raíces cuadradas de las varianzas anteriores.

6.4.3. Pruebas de bondad de ajuste o de normalidad

Las pruebas de bondad de ajuste o de normalidad indican cuándo una variable se distribuye según la función normal o gaussiana $N_{1-\alpha/2}$. Permiten elegir el test estadístico adecuado para aplicar el estudio.

Prueba	Hipótesis	Estadístico	Distribución
Contraste χ^2	H_0: la distribución ordenada de menor a mayor $\{X_1, X_2, X_3, \ldots\}$ es normal	$Q = \sum_{i=1}^{n} \frac{\left(n_i - N\left(\bar{x} - x_i, s/\sqrt{n}\right)\right)^2}{N\left(\bar{x} - x_i, s/\sqrt{n}\right)}$	$\chi^2_{(1-\alpha)/2;n-3}$
Contraste de Kolmogoroff-Smirnoff		$D = \max_{\forall i}\left\lvert n_i - N\left(\bar{x} - x_i, s/\sqrt{n}\right)\right\rvert$	Distribución de Lilliefors

Tabla 6.4. Características de las pruebas de bondad de ajuste

Cuando la variable se distribuye según una función normal podemos emplear las pruebas paramétricas. En caso contrario se emplean las pruebas no paramétricas.

6.4.4. Pruebas no paramétricas para el análisis de una variable

Se emplean cuando una variable sigue una función de distribución que no se ajusta a la distribución normal.

Prueba	Hipótesis	Estadístico	Distribución
Prueba z para una variable	H_0: la probabilidad de un valor de la variable es p_0	Calculamos la probabilidad empírica p = casos favorables/casos totales. El estadístico de contraste es $z = \frac{p - p_0}{\sqrt{p_0(1-p_0)/n}}$	$N_{(1-\alpha)/2}$
Test de Wilcoxon (signos)	H_0: Mediana *Var*1 = mediana *Var*2	Construimos la variable *Var*1 – *Var*2 y calculamos los valores: n+ (número de valores positivos), n– (número de valores negativos), n* = n+ + n– y k = mín{ n+, n–}. El estadístico de contraste es $z = \frac{2k - n^*}{\sqrt{n^*}}$	$N_{(1-\alpha)/2}$

Tabla 6.5. Características de las pruebas no paramétricas para el análisis de una variable

6.4.5. Pruebas paramétricas para el análisis de dos variables

Se emplean cuando una variable sigue una función de distribución que se ajusta a la distribución normal.

Prueba	Hipótesis	Estadístico	Distribución
Prueba *t* – Student	H_0: $\mu^1 = \mu^2$	$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{s/\sqrt{n}}$	$t_{(1-\alpha)/2;\ n-1}$
Prueba *F* de Snedecor	H_0: $S_1^2 = S_2^2$	$F = \frac{\max\{s_1^2; s_2^2\}}{\min\{s_1^2; s_2^2\}}$	$F_{(1-\alpha)/2;gln;gld}$, siendo *gln* los grados de libertad del numerador y *gld* los del denominador

Tabla 6.6. Características de las pruebas no paramétricas para el análisis de dos variables

Test de ANOVA (análisis de la varianza) de un factor

Supongamos que tenemos una muestra normal de *n* individuos que mediante una variable de clasificación (variable explicativa) se divide en *r* grupos. Notamos la variable respuesta por x*ij* siendo *i* el número de orden en el grupo y *j* el grupo al que pertenece. Estamos interesados en saber si las medias de cada grupo son iguales o no. Para ello intentamos verificar la hipótesis (μ_j media del grupo *j*):

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots$ para un grado de significación α

Prefijo	Sufijo
SC... = Suma de cuadrados...	...E = ... entre grupos
GL... = Grados de libertad ...	...D = ... dentro de un grupo
CM... = Cuadrado medio ...	...T = ... total

Tabla 6.7. Nomenclatura del test ANOVA

La nomenclatura que se suele usar es la de la Tabla 6.7.

El estadístico de contraste F = CME/CMD se distribuye según una F – Snedecor con GLE grados de libertad. Para aplicarlo se usa la Tabla 6.8.

	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	F_p
Entre grupos	$SCE = \sum_{j=1}^{r}(\mu_j - \mu)^2$	$GLE = r-1$	$CME = \frac{SCE}{GLE}$	$F = \frac{CME}{CMD}$	$F_{1-\frac{\alpha}{2};GLE}$
Dentro grupos	$SCD = \sum_{i=1}^{n_j}\sum_{j=1}^{r}(x_{ij} - \mu_j)^2$	$GLD = n-r$	$CMD = \frac{SCD}{GLD}$		
Total	$SCT = SCE + SCD$	$GLT = n-1$	$CMT = \frac{SCT}{GLT} = s^2$		

Tabla 6.8. Tabla de decisión del test ANOVA

Diremos que, para un grado de significación α se aceptará la hipótesis H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots$ cuando $F < F_{1-\alpha/2;GLE}$. En caso contrario, al menos un μ_j será distinto de los demás.

Test de ANOVA de varios factores. MANOVA

Es la generalización de ANOVA para más de una variable de clasificación. El método consiste en hacer tantos subgrupos como el producto cartesiano de las variables de clasificación, y proceder después de la misma forma que con el test de ANOVA.

Por ejemplo, si en nuestra muestra tenemos dos sexos (masculino y femenino) y dos lateralidades (diestros y zurdos), tendremos cuatro subgrupos:

- masculino, diestro,
- masculino, zurdo,
- femenino, diestro,
- femenino, zurdo.

En este caso $r = 4$.

6.4.6. Pruebas no paramétricas para el análisis de dos variables

Prueba	Hipótesis	Estadístico	Distribución
Prueba z dos variables	H_0: probabilidad $p_1 = p_2$	$z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2}}}$	$N_{(1-\alpha)/2}$
Prueba χ^2 de Pearson	H_0: Variables independientes	n_{ij} elementos de la tabla de contingencia, $e_{ij} = \frac{\left(\sum_i n_{ij}\right)\cdot\left(\sum_j n_{ij}\right)}{n}$ Estadístico de contraste: $\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$	$\chi^2_{1-\alpha/2;gli;glj}$, siendo *gli* columnas menos uno *glj* filas menos uno
Prueba de McNemar	H_0: Las dos variables pareadas son independientes	$z = \frac{n_{12} - n_{21}}{\sqrt{n_{12} + n_{21}}}$	$\chi^2_{1-\alpha/2;r-1}$
Test exacto de Fischer	H_0: Variables independientes	Se construyen todas la tablas de contingencia *k* con iguales $c_j = \sum_i n_{ij}$ y $r_i = \sum_j n_{ij}$ El estadístico de contrate es $p = \sum_{\forall k} \frac{r_1! \cdot r_2! \cdot c_1! \cdot c_2!}{n! \cdot n_{11}^k! \cdot n_{12}^k! \cdot n_{21}^k! \cdot n_{22}^k!}$	$\rho < 1 - \alpha/2$

Tabla 6.9. Tabla de las pruebas no paramétricas para el análisis de dos variables

Contraste de Kruskal-Wallis

Es el equivalente al test de ANOVA cuando las distribuciones no son normales. Sin embargo, aunque la distribución sea normal, este contraste funciona muy bien y se puede usar como complemento al ANOVA. H_0 es la igualdad de medianas. Los pasos son:

1. Se ordena toda la muestra en sentido creciente de la variable respuesta y se asigna a cada individuo un número de orden al que llamaremos rango.

2. En caso de empate (dos o más individuos con igual valor para la variable respuesta) se asigna a cada uno de los empates el rango promedio. Al final se obtiene R_{im}. Es decir, el rango R para cada valor i del grupo m.

3. Se suman los rangos de cada grupo y se calcula $E[R_m] = \frac{n_m(n+1)}{2}$, $\overline{R}_m = \frac{R_m}{n_m}$

siendo n_m el tamañó de cada grupo m y $R_m = \sum_{i=i}^{n_m} R_{in}$.

4. El estadístico de contraste es: $$H = \frac{\frac{12}{n(n+1)} \sum_{m=1}^{r} \frac{1}{n_m} [R_m - E[R_m]]^2}{1 - \frac{\sum_{j=1}^{k} (d_j^3 - d_j)}{n^3 - n}}$$

siendo k el número de rangos distintos y d_j el número de empates del rango j.

Cuando los tamaños muestrales n_i son razonablemente grandes ($n_i \geq 5$), H tiene una distribución aproximadamente χ^2 con $r - 1$ grados de libertad. Es decir, aceptamos H_0 si se cumple: $H < \chi^2_{1-\alpha/2;r-1}$

Test de Mann – Whitney – Wilcoxon

Es el caso particular de contrate de Kuskal – Wallis para variables dicotómicas en vez de nominales. Se procede igual.

6.4.7. Técnicas de regresión

Coeficiente de correlación

Cuando tenemos dos variables y queremos conocer la dependencia o correlación que existe entre ambas se calcula el coeficiente de correlación r. Según su definición r oscila entre +1 y – 1. La significación del coeficiente de correlación se calcula utilizando el estadístico t que se distribuye según una t – Student.

$$r = \frac{s_{xy}^2}{s_x s_y}; \qquad t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \text{ siendo}$$

$$s_{xy}^2 = \frac{\sum_{i=1} (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n-1}$$

Regresión lineal

La regresión lineal, también conocida como técnica de los mínimos cuadrados, es un método para calcular la recta $y = b \cdot x + c$ de mejor ajuste a una nube de puntos entre dos variables cuantitativas, siendo x e y las dos variables. El valor de la dispersión ("varianza") de la recta de regresión es $1 - r^2$.

$$b = \frac{s_{xy}^2}{s_x^2}$$

$$c = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

Técnicas de Cox – Box y modelos de proporción

La técnica de regresión lineal se basa en la suposición de que la relación que existe entre las dos variables cuantitativas es proporcional. Sin embargo, cuando el coeficiente de correlación lineal es solo

relativamente cercano a uno, este pequeño desajuste puede deberse a que la correlación no es lineal, sino que sigue alguna otra ecuación de correlación.

La técnica de Cox-Box consiste en probar una serie ecuaciones sencillas que mejoran la correlación cuando esta no es lineal. Entre las ecuaciones ya clásicas encontramos la potencial, la ecuación logarítmica, la exponencial, la inversa y la curva en S.

Se llama modelo de proporción a la forma de la relación que existe entre dos variables. Así, las técnicas de Cox-Box permitirán determinar el modelo de proporción adecuado en función de la ecuación que muestre la mejor correlación entre ambas variables (Tabla 6.10).

Ecuación de mejor correlación	Modelo de proporción	
$y = k \cdot x$	Modelo proporcional	Modelos lineales
$y = b \cdot x + a$	Modelo de regresión	
$y = b \cdot x^a$	Modelo potencial	
$y = a / x$	Modelo inverso	
$y = b \cdot a^x$	Modelo exponencial	
$y = \log_c (b \cdot x + a)$	Modelo logarítmico	
$y = sen (b \cdot x + a)$	Modelo armónico	
$y = exp (a + b/x)$	Modelo en S	

Tabla 6.10. Tabla de las ecuaciones de mejor correlación y los modelos de regresión

6.4.8. Análisis de series temporales

El problema fundamental al clasificar los datos de las muestras por edad es cómo realizar las comparaciones sin perder el sentido que tiene la dependencia temporal entre los datos.

Es decir, cuando hacemos el estudio por edad nos podemos limitar a expresar los resultados estadísticos obtenidos para cada rango de edad. Sin embargo, este análisis dejaría de considerar la importante dependencia temporal que existe entre las muestras. Con las técnicas que se describen a continuación se pueden aplicar los test de comparación como la prueba *F*, prueba *t*, ANOVA, Kruskal – Wallis, etc.

Análisis de las medias móviles (una sola variable)

Esta técnica se basa en el concepto de medias móviles para series temporales y nos permite la comparación de distintos periodos de tiempo dentro de cada serie para un mismo grupo. Se nota por $mm_a(x_t)$ y se calcula como el promedio del valor para un periodo de tiempo *a*.

Análisis de la tendencia (dos variables)

El método que se utiliza para el análisis de la tendencia consiste en el cálculo de las diferencias interanuales. Para ello, dadas dos variables x_t e y_t (del mismo o distinto grupo en otra muestra), se construyen las series de diferencias interanuales Dx_t y Dy_t.

Análisis de las series de promedios

Esta técnica consiste en utilizar los promedios para las distintas edades de cada grupo como si fueran los datos de una serie sobre la que aplicamos las técnicas estadísticas descritas. Sobre estas series se aplican normalmente los estadísticos robustos.

Bibliografía

- Marino AP, Letón E. *Técnicas estadísticas en biomedicina.* Madrid: GlaxoSmithKline; 2004.
- Spiridonov VP, Lopatkin AA. *Tratamiento matemático de datos físico-químicos.* Moscú: MIR; 1983.
- Spiegel MR. *Estadística.* Madrid: McGraw Hill; 1991.
- Spiegel MR, Liu J, Abellanas L. *Fórmulas y Tablas de matemática aplicada.* Madrid: McGraw Hill; 2000.
- Carvo F. *Estadística aplicada.* Deusto, Bilbao, 1978. p. 27-53.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes [tesis doctoral].* Madrid (España) 2004. Universidad Complutense de Madrid. p. 85-93.
- Pedromingo A, Letón E. *Diccionario práctico de estadística.* Madrid: Paraninfo, 1991.
- Vizmanos JR, Asensio R. *Curso y ejercicios de bioestadística.* Madrid: 1976.
- Torre L. *Estadística I.* 2003. Instituto tecnológico de Chihuahua. Disponible en URL: http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/estadistica1/toc.html
- *Introducción a la estadística descriptiva.* 2000. AulaFácil. Disponible en URL: http://www.aulafacil.com/CursoEstadistica/CursoEstadistica.htm

UNIDAD III

Áreas de estudio

Capítulo 7. ESTUDIO DE LA FORMA CORPORAL. SOMATOTIPO

7. Estudio de la forma corporal. Somatotipo

M. Isabel Maestre López
Betty Méndez de Pérez
Enrique Ordaz Romay

7.1. Introducción. Cálculo de componentes

7.1.1. Antecedentes históricos del estudio de la forma corporal

El interés suscitado históricamente por la variabilidad de la forma corporal ha impulsado la aparición de numerosas escuelas y métodos de clasificación de los diversos tipos humanos. Los orígenes de esta búsqueda se podrían remontar a la Escuela Hipocrática en el siglo V a. C., que describe el *habitus phthisicus* y el *habitus apoplecticus* relacionados con tuberculosis, enfermedades cardiovasculares y apoplejía respectivamente. Desde la Grecia clásica hasta nuestros días, el enfoque y métodos empleados para describir la conFiguración morfológica del cuerpo humano, han respondido a diversos planteamientos en función de la corriente filosófica o científica del momento, estableciéndose patrones en función de criterios clínicos o estéticos así como de variaciones ligadas al crecimiento o al envejecimiento.

En las primeras etapas de esta búsqueda, los profesionales de la medicina desempeñaron un importante papel al sentar las bases para las investigaciones sobre la constitución humana, particularmente en los estudios que correlacionan la morfología con la susceptibilidad a ciertas enfermedades; mientras que otros centraron su atención en la relación entre estas y el temperamento. En el siglo XVII, la aplicación de la antropometría agregaba nuevas dimensiones al estudio de la morfología, al ser incorporada a este tipo de estudios por Elsholtz en la Universidad de Padua (Carter y Heath, 1990).

En la segunda mitad del siglo XVIII, se reconoce por vez primera la importancia del desarrollo muscular en la clasificación de los tipos físicos, cobrando importancia el análisis de la composición corporal en relación al morfotipo del individuo. A principios del siglo XIX las tipologías que seguían los planteamientos hipocráticos fueron muy populares en Francia, al tiempo que la escuela italiana otorgaba mayor relevancia a las características físicas mediante el impulso de la antropometría y la escuela alemana correlacionaba los tipos morfológicos con las características psíquicas del individuo.

A finales del siglo XIX se llevaron a cabo varios estudios antropométricos, entre los cuales resaltan los realizados por Giovanni en la escuela de antropología clínica de la Universidad de Padua, quien distinguió modalidades tipológicas en función de la carga genética. Fue seguido por Viola de Bologna, quien clasificó los morfotipos en función de parámetros estrictamente antropométricos. Más adelante, Nicola Pende define el biotipo como una *individualidad personal, resultante de componentes genéticos y ambientales*, observando un concepto de biotipo más global, en el que intervienen no solo aspectos genéticos sino también bioquímicos, fisiológicos y psicológicos, que será común al planteamiento de las distintas escuelas a lo largo del siglo XX, en el que se fundamenta el concepto actual de somatotipo, destacando Estados Unidos, Italia y Europa Occidental. Es precisamente en este siglo, cuando el somatotipo se consolida como la valiosa herramienta que constituye para el estudio de la taxonomía morfológica y la investigación de la constitución humana; entendido este como la suma de las características morfológicas, fisiológicas y psicológicas de un individuo determinadas en parte por la dotación genética, pero sin perder de vista la influencia de los factores ambientales.

El análisis de la forma corporal alude a la evaluación del cuerpo en conjunto, en contraposición al los análisis parciales de cada una de sus partes. La estrategia del somatotipo supone una herramienta extraordinariamente adecuada a este propósito, ya que se basa en una serie de características que relacionan íntimamente la visión global de la forma con la relación entre los componentes corporales por separado y a su vez la relación entre las dimensiones longitudinales y transversales. De este modo, disponemos de una metodología que aborda el análisis morfológico desde un punto de vista fenotípico, siendo válida, por ejemplo, para describir y facilitar el seguimiento de la variabilidad del cuerpo humano a lo largo de la ontogenia.

Este sistema de clasificación descrito por Sheldon, en el libro *The Varieties of Human Physique* en 1940, originó una serie de controversias, debidas al criterio estrictamente genotípico asumido por el autor. Al mismo tiempo los biólogos y los antropólogos físicos aceptaban la existencia de tipos morfológicos diferentes y trataron de encontrar en ellos lo que hoy en día conocemos como el *complex continum* de la variación humana, apoyados en los últimos tiempos, en el criterio fenotípico como el medio mas viable de clasificación. (Carter y Heath, 1990).

En la actualidad la somatotipia está considerada como el desarrollo más reciente de la taxonomía y las investigaciones sobre la constitución humana, en sus veinticinco siglos de historia.

7.1.2. Concepto de somatotipo

El psicólogo estadounidense **W.H. Sheldon** acuñó el término somatotipo en 1940 para referirse a *una cuantificación de los componentes primarios que determinan la estructura corporal de un individuo determinada por tres componentes*, para los que tomó como referencia las **tres capas embrionarias de desarrollo,** que dan origen a sus propios tejidos y sistemas orgánicos (Carter, 1983). A partir de estas tres capas embrionarias originales: endodermo, mesodermo y ectodermo, Sheldon denominó sus tres componentes principales endomorfia (primer componente), mesomorfia (segundo componente) y ectomorfia (tercer componente) respectivamente, clasificando la forma física del individuo en uno u otro tipo, según el predominio de las cualidades propias de cada componente. La **componente dominante,** aquella que presenta el grado más elevado, indica la tendencia tipológica del sujeto.

El método de Sheldon surgió como necesidad de crear una clasificación de las formas del individuo en escalas numéricas que pudieran ser comparadas por lo que fue fundamental para crear las bases de estudio de la morfología corporal del ser humano. Sin embargo, su genialidad al clasificar los componentes morfológicos en tres categorías cuantificables, y considerar componentes corporales en lugar de biotipos discretos, fue empañada por la rigidez de sus planteamientos, ya que su método se basaba exclusivamente en la carga genética mediante su referencia al origen embrionario de los componentes corporales y, por tanto, los resultados obtenidos no contemplaban la posibilidad de ser modificables por factores exógenos o medioambientales (actividad física, nutrición, condiciones climáticas,...).

A partir de la metodología de Sheldon, otros autores introdujeron modificaciones hasta perfilar la técnica actual: iniciado como un método fotoscópico, el propio Sheldon sustituyó la apreciación subjetiva de fotografías por medidas antropométricas directas; **Parnell** (1954, 1958) introdujo conceptos que **aceptan la modificación del somatotipo por factores externos,** sustituyendo el concepto genotípico del somatotipo por una interpretación fenotípica del mismo; Roberts y Brainbridge (1963) y **Heath** (1963) ampliaron la escala de valores para los tres componentes, basándose en la existencia de individuos muy obesos o muy musculosos. Finalmente, el método antropométrico es el enfoque más utilizado en la actualidad, y la estrategia del **somatotipo antropométrico de Heath-Carter,** el método de mayor difusión universal.

A diferencia de la concepción genética y determinista de Sheldon sobre la forma humana, **la idea actual es que el somatotipo es fenotípico y, por tanto, susceptible de cambios con el crecimiento, envejecimiento, ejercicio y nutrición** (Carter & Heath, 1990).

La nueva definición de somatotipo, subraya la plasticidad del cuerpo humano y sus posibles cambios a lo largo de la vida, siendo de utilidad para determinar las modificaciones ontogénicas y las diferencias entre distintas poblaciones (Heath y Carter, 1966, 1967; Prazikova y Carter, 1976).

Para Heath y Carter, el **somatotipo** consiste en la **descripción cuantitativa de la forma y composición corporal del cuerpo humano, en un momento determinado, y expresada por tres componentes: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, enumerados siempre en este orden** (Figura 7.1) que ofrecen información relativa a la grasa corporal, desarrollo musculoesquelético y linealidad relativa respectivamente.

Figura 7.1. Representación numérica del somatotipo en sus tres componentes. Aparece el rango de valores asociado a cada uno de ellos en la práctica

El procedimiento de Heath y Carter se ha impuesto de forma generalizada sobre el resto de las metodologías descritas por una serie de factores muy diversos: mayor reproducibilidad, no depende de la edad del individuo ni del sexo, permitiendo su aplicación a estudios de crecimiento y dimorfismo sexual. Asimismo, el somatotipo no solamente evalúa la forma sino, también de un modo indirecto, la composición corporal, y las relaciones entre las dimensiones longitudinales y las transversales, siendo independiente del tamaño.

En resumen, se podría establecer que las características de la metodología actualmente empleada se fundamentan en las siguientes particularidades:

- El empleo de medidas antropométricas objetivas en sustitución de las apreciaciones fotoscópicas.
- La aceptación de la posibilidad de cambio, desde un enfoque fenotípico, en contraposición al concepto de somatotipo estable postulado por Sheldon.
- La identificación del somatotipo individual o media poblacional mediante un conjunto de tres numerales que proporcionan un compendio de las características distintivas de la morfología individual o del grupo.
- La apertura de la escala de los tres componentes, sin límites de valor preestablecidos, permite evaluar sujetos con físicos extremos; ya se trate de individuos de constitución muy débil, personas obesas o con hipertrofia muscular.
- La posibilidad de analizar los datos somatotípicos, mediante la estadística paramétrica (categorías, chi-cuadrado, áreas en la somatocarta, distancia migratoria, etc...) como la no paramétrica (razón t, análisis de varianza, correlación, etc...), facilitando la comparación entre individuos, grupos o distintos estados del mismo individuo.

7.1.3. Cálculo de los componentes del somatotipo

Siguiendo la evolución histórica del concepto de somatotipo y reconociendo el método antropométrico de Heath – Carter (Carter, 1975) como el de elección por ser el aceptado de forma universal por la mayoría de los investigadores, procedemos a definir el somatotipo como la *descripción numérica de la configuración morfológica de un individuo en el momento de ser estudiado* (Esparza, 1993).

Se expresa en una escala de valores, mediante tres numerales consecutivos que representan cada uno la valoración de los componentes endomorfo, mesomorfo y ectomorfo, registrados siempre en ese orden. Estos tres numerales que resumen el físico de un individuo independientemente de su talla, nos presenta, por tanto, una evaluación inicial del cuerpo en su totalidad. La nomenclatura de los mismos mantiene el planteamiento original de Sheldon, aludiendo al origen de los tejidos corporales en cada una de las capas embrionarias.

Dentro de este contexto, un **componente somatotípico** es la descripción de un aspecto particular del cuerpo humano y, por tanto, no independiente de los demás, representado mediante un numeral, el cual se deriva de una escala continua con inicios teóricos en cero y sin límite superior. Sin embargo, en la práctica no se encuentran valores inferiores a la media unidad, ya que cada tipo físico posee en mayor o menor grado cierta proporción de cada componente.

Para cada uno de los tres componentes los valores de ½ a 2 unidades somatotípicas son considerados como bajos, de 3 a 5 como intermedios, de 5 ½ a 7 como altos y mayores a este último, como extremadamente altos. (Carter y Heath, 1990).

El somatotipo antropométrico de Heath-Carter se calcula a partir de 10 variables antropométricas: talla, peso, cuatro panículos adiposos (tríceps, subescapular, supraespinale y pantorrilla media), dos diámetros: biepicondíleo del húmero y bicondileo del fémur; y dos perímetros (brazo flexionado y en tensión y pantorrilla media).

7.1.3.a Primer componente o endomorfia

El primer componente del somatotipo es el que está referido a la **grasa relativa del cuerpo.** Corresponde a individuos donde predominan los tejidos derivados del endodermo. Hay una preponderancia relativa de la redondez suave a lo largo del cuerpo, con unas vísceras digestivas largas y acúmulo de grasa, con un tronco largo. El endomorfismo representa, por tanto, la adiposidad relativa. Se calcula a partir de la medición del pliegue tricipital como representante de la grasa periférica y los pliegues subescapular y suprailiaco como indicadores de la grasa central, mediante la expresión:

$$\text{Endomorfia} = -0{,}7182 + 0{,}1451 \cdot X - 0{,}00068 \cdot X^2 + 0{,}0000014 \cdot X^3$$

Siendo X = Suma de los pliegues cutáneos del tríceps, subescapular y suprailíaco (mm)

El significado físico de la endomorfia por medio de esta expresión resulta evidente: al ser función exclusivamente de los pliegues cutáneos, la endomorfia es una medida de la componente grasa en el individuo.

Como la relación área superficie/volumen cambia con la altura, Carter sugiere corregir esta medida mediante la estrategia de la proporcionalidad para poder comparar más libremente individuos de estaturas distintas (Carter, 1975), con la siguiente ecuación:

$$X_c = X \cdot \frac{170{,}18}{\text{Estatura}}$$

Siendo Xc = suma de los tres pliegues corregida.

Se observa en la Figura 7.2 que la endomorfia para valores pequeños de la suma de los tres pliegues crece rápidamente. Este crecimiento de la endomorfia es cada vez menor hasta llegar a X = 161,9 mm, en donde hay un punto de inflexión para una endomorfia corregida de 10,89. A partir de este valor la endomorfia crece potencialmente.

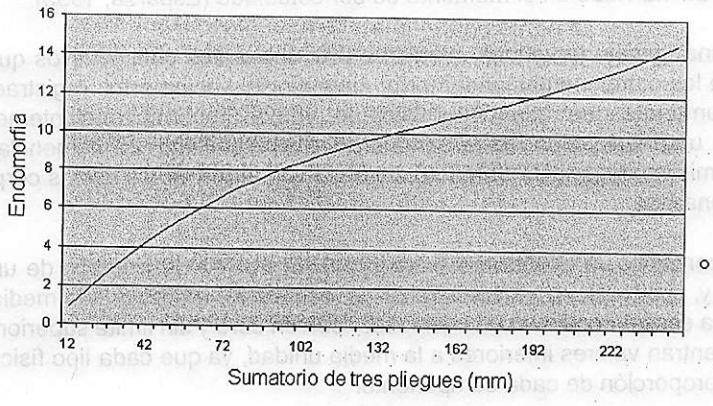


Figura 7.2. Representación de la endomorfia respecto al sumatorio de tres pliegues

El rango habitual para los valores de endomorfia varía entre 1 y 14 unidades de endomorfia.

7.1.3.b Segundo componente o mesomorfia

El segundo componente se refiere al **desarrollo musculoesquelético en relación con la estatura.** Corresponde a individuos donde predominan los tejidos derivados del mesodermo. Hay una relativa preponderancia de músculo, dimensiones óseas transversales y tejido conectivo, usualmente con un físico robusto. El mesomorfismo representa así la magnitud musculoesquelética relativa.

Su cálculo implica la medición de diámetros óseos, que serán mayores cuanto mayor desarrollo muscular muestre el individuo, debido a que la tracción de las inserciones musculares en el hueso produce una respuesta osteoblástica del mismo, de modo que cuanto mayor sea la fuerza muscular, más robusta será la superficie de inserción y mayor será el diámetro del hueso en la zona de inserción.

Del mismo modo, como la fuerza que realiza un músculo al contraerse depende del número de fibras musculares que presenta la sección perpendicular a la dirección de las mismas, a mayor desarrollo muscular, mayor sección transversa del músculo y, por tanto, mayor perímetro del mismo. Por ello, para el cálculo de la mesomorfia se emplean dos diámetros (uno de extremidad superior y otro de inferior) y dos perímetros (igualmente uno de extremidad superior y otro de inferior), donde existe escasa intervención de otros componentes como grasa periférica y visceral, por medio de la expresión:

$$\text{Mesomorfia} = 0{,}858 \cdot H + 0{,}601 \cdot F + 0{,}188 \cdot B + 0{,}161 \cdot P - 0{,}131 \cdot h + 4{,}5$$

Siendo:
- H = diámetro biepicondíleo del húmero (cm)
- F = diámetro bicondíleo de fémur (cm)
- B = perímetro corregido del brazo (cm)
- P = perímetro corregido de la pierna (cm)
- h = estatura del sujeto de estudio (cm)

Las correcciones propuestas para excluir el tejido adiposo de la masa muscular, implican el cálculo de los perímetros, restando al valor en cm los respectivos pliegues cutáneos, según las expresiones:

$$PCB = PB - DT$$
$$PCP = PP - DP$$

Siendo:
- PCB = perímetro corregido de brazo (cm)
- PB = perímetro medido del brazo (cm)
- DT = pliegue cutáneo del tríceps (cm)
- PCP = perímetro corregido de pierna (cm)
- PP = perímetro medido de pierna (cm)
- DP = pliegue cutáneo de pierna (cm)

La variable altura dentro de la mesomorfia es un factor de corrección para que la diferencia en altura de los distintos sujetos no implique grandes diferencias en la mesomorfia, siempre que se mantenga la proporcionalidad de diámetros y perímetros.

El aumento de la mesomorfia es lineal respecto de diámetros y perímetros. Sin embargo, puesto que los perímetros (medidas circunferenciales) se relacionan con los diámetros (medidas longitudinales) mediante un factor π, dada la diferencia entre los factores que multiplican a perímetros y diámetros, es fácil comprobar que la mesomorfia depende en mayor medida del valor de los diámetros que de los perímetros (Figura 7.3).

Aunque la mesomorfia es una medida de la componente musculoesquelética, su dependencia respecto de la componente esquelética es superior que respecto de la componente muscular. Los valores normales para la mesomorfia oscilan entre 1 y 10.

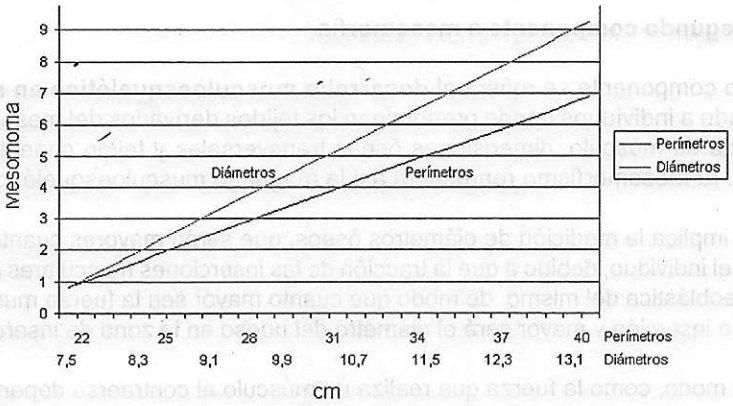


Figura 7.3. Representación de la mesomorfia respecto a los perímetros y diámetros

7.1.3.c Tercer componente o ectomorfia

El tercer componente está referido a medidas de talla y masa que combinadas proporcionan una indicación de la **linealidad relativa.** Corresponde a individuos en los que predominan los tejidos derivados del ectodermo. Hay una preponderancia de las dimensiones longitudinales del hueso (linealidad) y fragilidad, con un área corporal larga, músculos delgados y tejido subcutáneo escaso. El ectomorfismo representa, por tanto, la linealidad relativa o delgadez de un físico.

Partiendo del cálculo del índice ponderal (IP):

$$P = \frac{\text{Estatura}}{\sqrt[3]{\text{Peso}}}$$

se define la ectomorfia según los tres siguientes segmentos:

- Si $IP > 40{,}75$ Ectomorfia = (IP x 0,732) – 28,58
- Si $38{,}28 < IP < 40{,}75$ Ectomorfia = (IP x 0,463) – 17,63
- Si $IP \leq 38{,}28$ Ectomorfia = 0,1

Según esta definición, la ectomorfia es básicamente un cambio de escala respecto al índice ponderal y, por tanto, su significado físico es el mismo. Es decir, el aumento de la ectomorfia nos indica el predominio de la componente longitudinal frente a la masa. Se usa también para calcular el grado de nutricional del sujeto (Figura 7.4). Los valores normales para la ectomorfia van de 1 a 9.

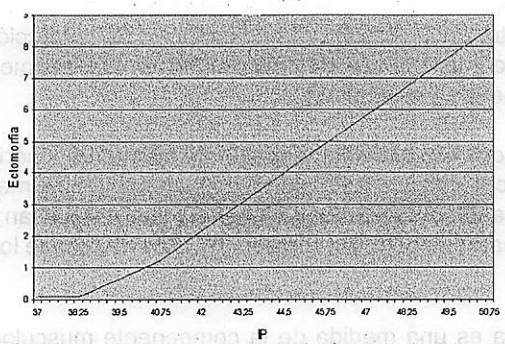


Figura 7.4. Representación de la ectomorfia respecto al *IP*

7.1.3.d Métodos de análisis del somatotipo

El análisis de los datos somatotípicos se puede abordar desde diversas estrategias. Una de ellas es considerar cada componente de forma separada y analizarlo como si se tratase de una variable biológica más, usando para este propósito la estadística descriptiva e inferencial. Sin embargo, esta forma no se ajusta al criterio *gestalt* del somatotipo, ya que la fortaleza del método radica precisamente en la evaluación de la combinación de los tres componentes en una sola expresión.

Teniendo en cuenta la primera estrategia, los valores extremos para cada componente tienen distinto significado. En el caso de la endomorfia, representan un físico muy magro para valores de la endomorfia inferiores a 2, con un mínimo de adiposidad subcutánea, frente al extremo opuesto, que caracteriza a los individuos con depósitos considerables de tejido adiposo que mostrarán valores elevados de la endomorfia.

Valores bajos de la mesomorfia describen a los físicos de estructura ósea delgada, con desarrollo muscular discreto en relación a la talla del sujeto. Los valores altos denotan, por el contrario, una masa muscular considerable acompañada por una complexión ósea pesada. Para la ectomorfia la correspondencia viene dada por la masa corporal en relación a la estatura, describiendo de manera aproximada la relativa elongación de los miembros y la aparente linealidad del cuerpo. En cierto modo, el valor de este último componente es inverso a los resultados que se obtienen a partir de la endomorfia y mesomorfia.

Sin embargo, como se ha puesto de relieve, dado que el somatotipo de un sujeto está definido por los tres componentes en conjunto, un sólo componente aislado no proporciona información sobre las características del individuo si no está en relación con los otras dos. De modo que un valor alto o bajo en un componente deberá ser compensado por los demás y viceversa.

7.2. Tratamiento gráfico y matemático del somatotipo

Para expresar gráficamente el somatotipo, Sheldon empleó, a partir del sistema de tres valores descrito, una representación bidimensional configurada en un plano en el que se representa un punto de dos coordenadas, X e Y, sobre un triángulo de lados curvos, obtenido a partir de un diseño realizado por Franz Reuleaux (1829-1905). Esta representación gráfica se conoce como **somatocarta** y la distribución de puntos sobre la misma, somatograma o **distribución somatotípica.**

Sin embargo, y aunque esta ha sido la representación más empleada en los diversos estudios, presenta limitaciones al reflejar una proyección en el plano de la realidad tridimensional que es el somatotipo, por lo que pierde la riqueza interpretativa que ofrece el cálculo de sus tres componentes y dificulta el análisis de los parámetros estadísticos aplicables a su estudio.

Del mismo modo que resulta difícil valorar el alzado y volumen de una construcción a partir de la proyección de su planta sobre un plano, resulta complejo interpretar adecuadamente el significado del somatotipo, que implica una realidad tridimensional, mediante su proyección bidimensional sobre la somatocarta clásica. Por ello, describiremos en primer lugar el somatotipo en su dimensión original, es decir tridimensional, para después interpretar correctamente su proyección sobre el plano.

7.2.1. Representación tridimensional del somatotipo

El somatotipo se expresa mediante una sigla numérica de tres cifras que representa una realidad tridimensional, por lo que su representación más real debería hacerse sobre un sistema tridimensional de coordenadas donde, por convenio, el componente de abcisas (llamado matemáticamente eje *x*) es la ectomorfia, el de ordenadas (llamado eje *y*) la mesomorfia, y en el eje perpendicular al plano *xy* (llamado eje *z*) la endomorfia.

A este tipo de representación se le llama somatograma, y un punto en el somatograma que corresponde a un somatotipo con un valor para cada componente recibe el nombre de somatomarca. De esta forma, en la Figura 7.5 están representados los somatotipos: (4,5; 5; 4,5) y (1,5; 2; 5,5).

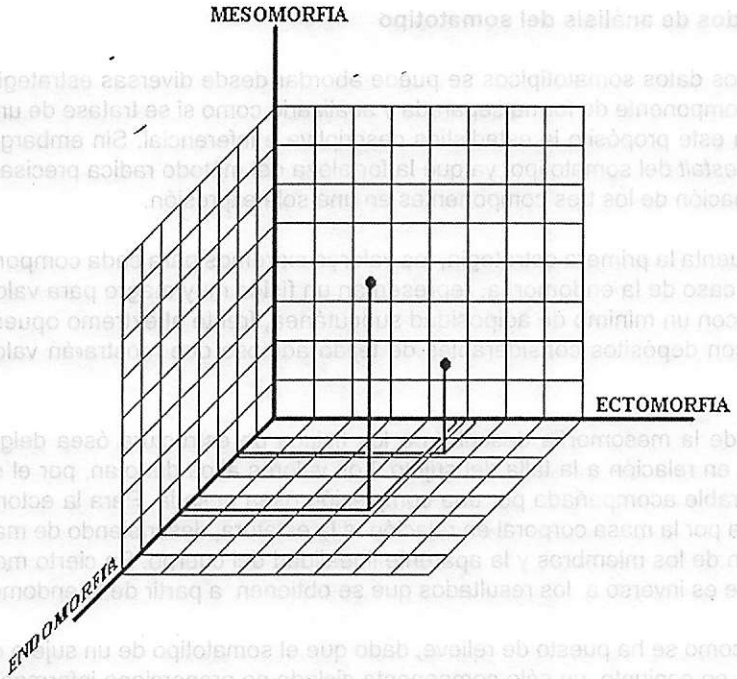


Figura 7.5. Representación de los somatotipos (4,5; 5; 4,5) y (1,5; 2; 5,5) en un sistema de coordenadas tridimensional

El análisis de un somatotipo aislado proporciona información sobre el morfotipo de un sujeto en cada una de sus componentes y su relación entre las mismas. Sin embargo, el comportamiento de una muestra de *n* somatotipos, requiere calcular los parámetros estadísticos que definen dicho comportamiento. Véase la tabla A.0 del Anexo III, al final del libro.

Estadísticos descriptivos del somatotipo: DAS, $\overline{S}$, MAS y varianza.

Dado un conjunto de *n* somatotipos, el somatotipo medio se calcula haciendo el promedio para cada componente y se denota por $\overline{S}$. Es decir:

$$\overline{S} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} END_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} MES_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} ECT_i}{n}\right)$$

La distancia, entre dos puntos somatotípicos en un espacio tridimensional, se denomina **distancia posicional** del somatotipo y se representa por las siglas SAD (del inglés *somatotype attitudinal distance*) (Figura 7.6), en castellano DAS (distancia actitudinal del somatotipo).

La ecuación de la geometría elemental para calcular el DAS entre dos somatotipos (ECT_1, MES_1, END_1) y (ECT_2, MES_2, END_2) es:

$$DAS_{1,2} = \sqrt{(END_2 - END_1)^2 + (MES_2 - MES_1)^2 + (ECT_2 - ECT_1)^2}$$

El valor del DAS entre dos somatotipos indica la distancia que hay entre ambos, medida en unidades de componentes, que será menor cuanto más parecidos, y mayor cuanto más diferentes sean los somatotipos, en función de diferencias individuales, de medias somatotípicas o de un somatotipo individual, en relación a la media del grupo. (Duquet y Hebbelinck, 1977, Carter y Heath, 1990).

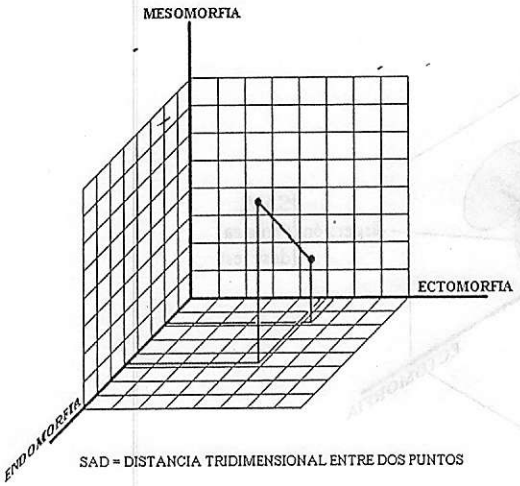


Figura 7.6. DAS: Distancia posicional o actitudinal del somatotipo

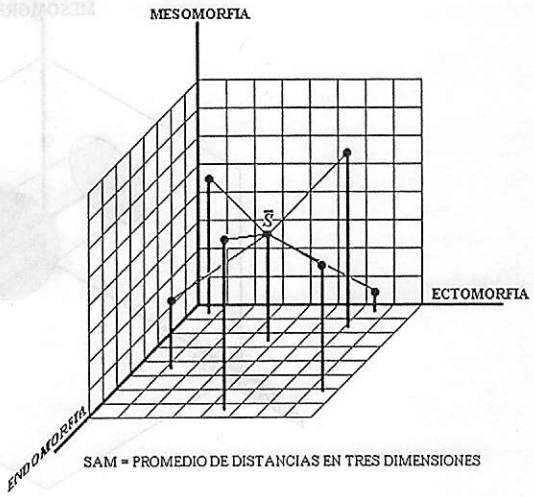


Figura 7.7. MAS: Media posicional somatotípica o dispersión morfogénica del somatotipo

Cuando estamos interesados en conocer la dispersión media de una muestra *n* de somatotipos, es necesario calcular todas las DAS entre cada dos puntos y hacer su promedio. Este valor se conoce como **media posicional somatotípica,** en inglés *somatotype attitudinal mean* que se representa por las siglas MAS (también llamada dispersión morfogénica media en algunas publicaciones). Su ecuación es:

$$MAS = \frac{2}{n^2 - n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{i} DAS_{ij}$$

Una forma breve para calcular el MAS, una vez conocido el somatotipo medio de la muestra, consiste en calcular el promedio de los DAS_i, o distancia posicional entre el elemento *i* y el somatotipo medio en una muestra de *n* individuos (Figura 7.7).

$$MAS \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} DAS_i$$

La varianza (SAV) y la desviación estándar de la muestra permiten describir diferencias entre grupos, con respecto a la dispersión de somatotipos en relación a sus medias respectivas (Figura 7.8).

$$SAV = \frac{\sum_{i=1}^{n} DAS_i^2}{n} \qquad Desv.est. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} DAS_i^2}{n}}$$

Estos estadísticos proporcionan información acerca de la homogeneidad de la distribución de los somatotipos, prescindiendo de las discrepancias entre sus medias. Cuanto menor sea el valor del MAS, más homogénea será la nuestra estudiada. Si tenemos dos grupos de varianzas S_1^2 y S_2^2, para el *SAM,* el cociente de ambas varianzas S_1^2 / S_2^2 es un valor que se distribuye según una F-Snedecor, que mide la semejanza entre los dos grupos estudiados, su valor tendente a 1 indica grupos semejantes, cuanto menor es su valor los grupos son progresivamente diferentes.

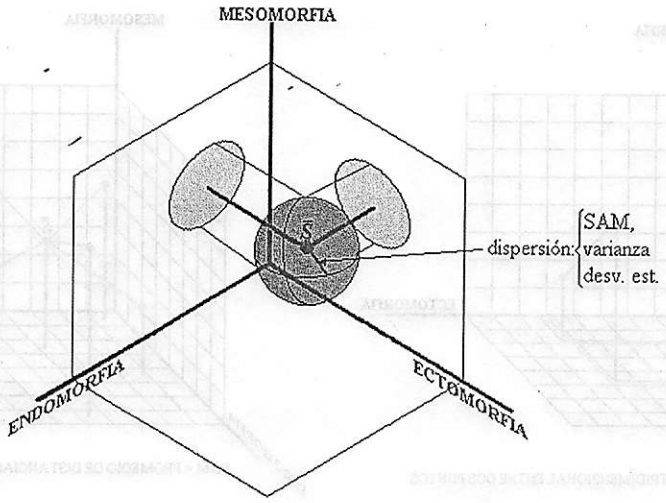


Figura 7.8. La representación tridimensional de los estadísticos de dispersión del somatotipo es una esfera con centro en el somatotipo medio

7.2.2. Representación bidimensional del somatotipo. Somatocarta

El valor del somatotipo puede ser considerado como la expresión de un vector, o un punto en un sistema de tres coordenadas, donde cada eje representa la escala de un componente en particular (Duquet y Carter, 2001). Sin embargo, pese a las ventajas interpretativas que ofrece la representación tridimensional, supone una gran dificultad la representación simultánea, para su comparación, de una muestra grande de somatotipos, por lo que se han ideado sistemas para transformarla en una representación bidimensional facilitando el tratamiento de los datos.

Podemos definir la **somatocarta** como la proyección del somatograma tridimensional sobre el plano bidimensional (Figura 7.9.a), conservando las relaciones originales entre los ejes que definen de izquierda a derecha la primera, segunda y tercera componente del somatotipo individual:

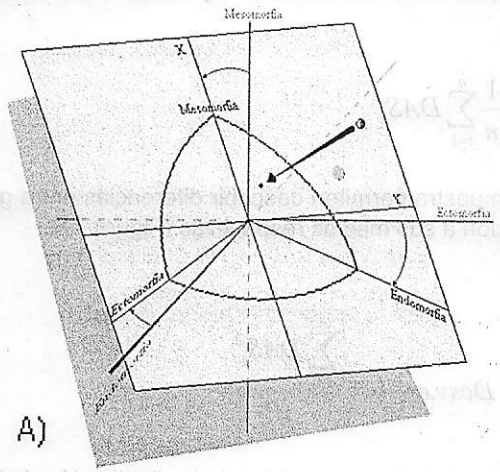


Figura 7.9.a. Proyección del sistema de coordenadas tridimensional que define el somatotipo en un plano bidimensional o somatocarta

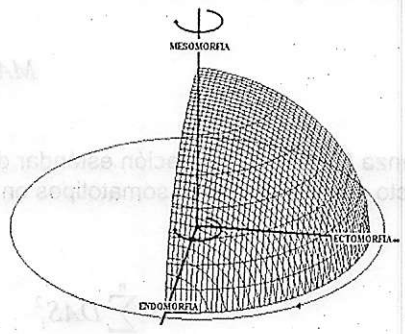


Figura 7.9.b. Obtención de dicha proyección

Una forma de entender esta proyección es como una rotación de 45º sobre el eje de la mesomorfia. En la Figura 7.9.b se han representado los ejes del somatograma y el cuadrante positivo de esfera correspondiente a todos los somatopuntos con DAS = 7 respecto al origen, señalando la dirección del giro en torno al eje Y (Figura 7.9.b y 7.10):

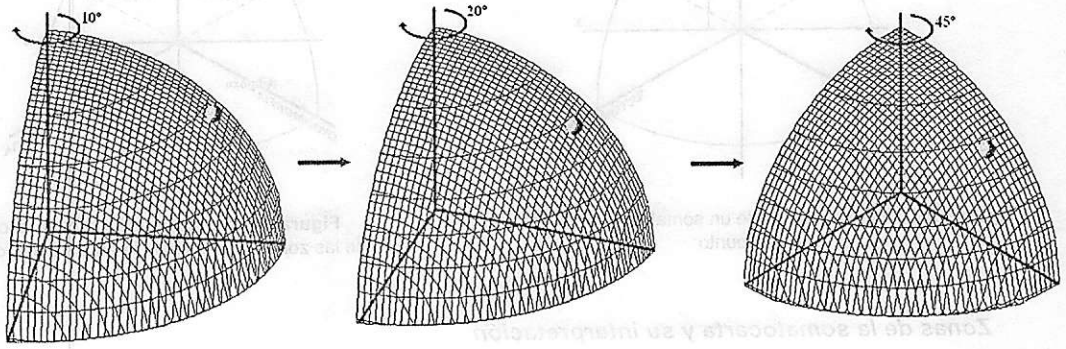


Figura 7.10. Sector de esfera cuya proyección sobre el plano define a la somatocarta bidimensional. En azul la prepresentación del somatotipo: (0.5.5.5)

La somatocarta (Figura 7.11) constituye así una proyección del somatograma tridimensional sobre un plano XY. En ella se representan las proyecciones de los ejes tridimensionales ectomorfia, mesomorfia y endomorfia y los ejes bidimensionales X e Y, que se interceptan en el centro y dividen la somatocarta en sectores, determinando ciertas zonas o categorías, así como las proyecciones de las líneas exteriores del cuarto de esfera positivo correspondiente a las somatomarcas con DAS = 7 respecto al origen.

Las ecuaciones que transforman las coordenadas tridimensionles (ectomorfia, mesomorfia, endomorfia) de un somatotipo en las coordenadas bidimensionales (X, Y) de un somatopunto sobre la somatocarta son:

$$X = Ectomorfia - Endomorfia$$
$$Y = 2 \cdot Mesomorfia - Endomorfia - Ectomorfia$$

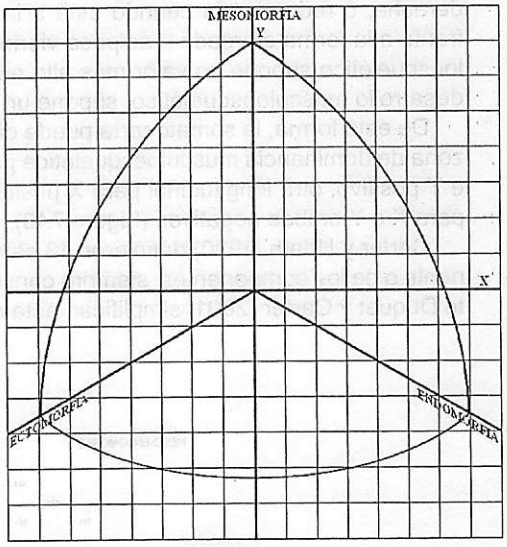


Figura 7.11. Somatocarta

El análisis vectorial de estas transformaciones indica que las unidades en los ejes X e Y no tienen la misma magnitud; existe un factor de escala para transformar las unidades de X en las de Y según la expresión:

$$|Y| = \sqrt{3} \cdot |X|$$

De esta forma, la representación de un somatopunto se realiza calculando su valor de X e Y según la anterior transformación y expresando sus coordenadas mediante un par (X,Y) (Figura 7.12). Sin embargo, conviene observar que un mismo somatopunto puede corresponder a más de un somatotipo distinto. La razón geométrica es que al tratarse de una proyección, dos somatomarcas distintas pueden proyectarse en el plano de la somatocarta sobre un mismo somatopunto.

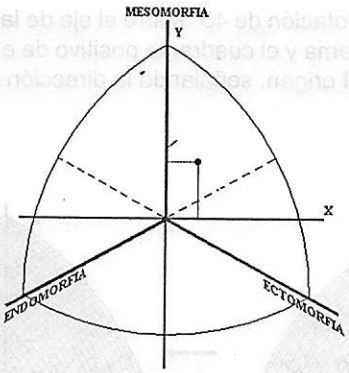


Figura 7.12. Representación de un somatotipo mediante un somatopunto

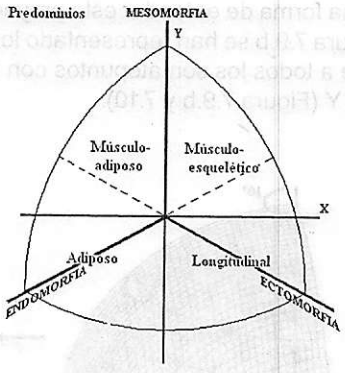


Figura 13. Representación esquemática de las zonas de dominancia en la somatocarta

Zonas de la somatocarta y su interpretación

A partir de las ecuaciones de X e Y, la representación de un somatotipo concreto índica la diferencia entre ectomorfia y endomorfia, así como la diferencia entre el doble de la mesomorfia y la suma de ectomorfia y endomorfia.

Dado el significado físico del somatotipo, los valores de estas diferencias expresan distintas interpretaciones. El valor de X indica el predominio de la forma alargada, cuando el somatopunto está hacia la derecha, o redondeada cuando está a la izquierda. De igual forma, el predominio musculoesquelético frente a la forma alargada o adiposa viene indicado por la altura del somatopunto: un predominio musculoesquelético supone un valor más alto en la somatocarta y un predominio adiposo, o alargado frente al desarrollo musculoesquelético, supone un valor más bajo.

De esta forma, la somatocarta puede dividirse esquemáticamente en cuatro zonas de predominio: una zona de dominancia musculoesquelética para X e Y ambos positivo, una músculoadiposa para X negativo e Y positivo, otra longitudinal para X positivo e Y negativo y, por último, una zona de predominio adiposo para X e Y ambos negativos (Figura 7.13).

Carter y Heath (1990) definieron 13 categorías somatotípicas basadas en el predominio de un componente o de los componentes, siempre considerando los tres en forma conjunta (Figura 7.14). Recientemente Duquet y Carter (2001) simplifican esta clasificación y la reducen a siete grupos (Tabla 7.1).

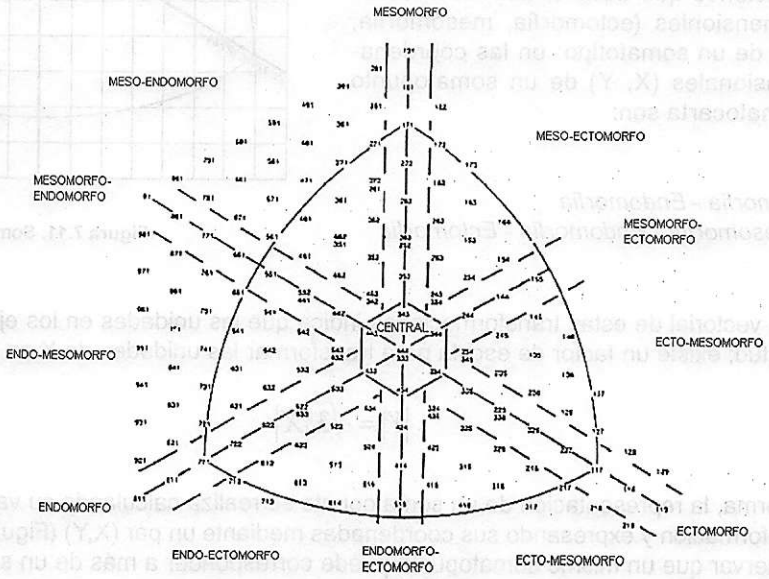


Figura 7.14. Categorías somatotípicas según Duquet y Carter (2001)

CATEGORÍA SOMATOTÍPICA	INTERPRETACIÓN
Central	Los componentes entre sí no difieren en más de una unidad somatotípica
Endomorfo	Endomorfia es el componente dominante, la mesomorfia y la ectomorfia tienen valores inferiores con respecto al primero, en más de media unidad
Endomorfo-Mesomorfo	Endomorfia y mesomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad), la ectomorfia tiene un valor menor
Mesomorfo	Mesomorfia es dominante, la endomorfia y la ectomorfia presentan valores inferiores en más de media unidad
Mesomorfo-Ectomorfo	Mesomorfia y ectomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad), la endomorfia tiene valores más bajos
Ectomorfo	Ectomorfia es dominante, endomorfia y mesomorfia presentan valores más bajos que superan la media unidad
Ectomorfo-Endomorfo	Endomorfia y ectomorfia son iguales (o no difieren en más de una media unidad), la mesomorfia es menor

Tabla 7.1. Categorías somatotípicas según Duquet y Carter (2001)

Estadísticos descriptivos del somatotipo bidimensional: SDD, $\overline{S}$, SDM

El comportamiento de una muestra de somatopuntos en la somatocarta puede definirse a partir de ciertos estadísticos descriptivos. Así, dado un conjunto *n* de puntos en la somatocarta, el somatopunto medio se calcula haciendo el promedio para cada componente X e Y y se denota por $\overline{S}$.

La distancia bidimensional entre dos somatopuntos se denomina distancia de dispersión entre somatotipos (SDD de *somatotype dispersion distance*) (Figura 7.15). Esta distancia siempre es menor o, como máximo, igual al DAS entre los correspondientes somatotipos.

El valor del SDD entre dos somatopuntos (X_1, Y_1) y (X_2, Y_2), viene determinado por la ecuación:

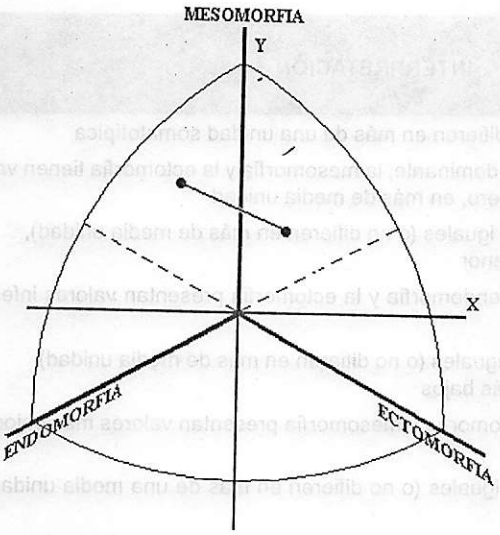
$$SDD_{1,2} = \sqrt{3(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Siendo SDD_i la distancia de dispersión entre el elemento *i* y el somatopunto promedio en una muestra de *n* individuos. El factor 3, aplicado a los componentes X, se debe al factor de conversión entre X e Y de la somatocarta (Ross, Bailey y Weese, 1977). Hebbelink (1975, 1987) consideró la distancia SDD estadísticamente significativa ($p < 0,05$) cuando su valor es mayor o igual que 2. Al igual que se definía en el somatograma el MAS como el promedio de los DAS, se define en la somatocarta el SDM como el promedio de los SDD. Para conocer la dispersión media de una muestra *n* de somatopuntos, tendríamos que calcular todas las SDD entre cada dos puntos y hacer su promedio. A este valor se le llama media dispersional somatotípica (SDM, del inglés *somatotype dispersion mean*) (Figura 7.16) o índice de dispersión del somatotipo (SDI). Su ecuación, análoga a la del MAS es:

$$SDM = \frac{2}{n^2 - n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{i} SDD_j$$

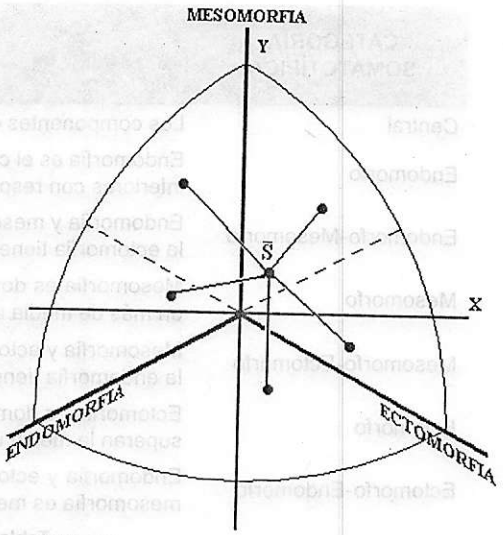
De forma aproximada (análogamente al MAS), una vez conocido el somatopunto medio de la muestra, puede calcularse el promedio de los SDD_i mediante la siguiente aproximación:

$$SDM \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} SDD_i$$



SDD = DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS EN DOS DIMENSIONES

Figura 7.15. SDD



SDM = PROMEDIO DE SDD A UN SOMATOPUNTO

Figura 7.16. SDM

El análisis de la varianza tradicional de la estadística, puede realizarse calculando la varianza (SDV) y la desviación estándar de una muestra en la somatocarta a través de las siguientes ecuaciones:

$$SDV = \frac{\sum_{i=1}^{n} SDD_i^2}{n} \qquad Desv.est. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} SDD_i^2}{n}}$$

Conviene destacar que, dada la pérdida de uno de los ejes en el paso de distribución somatotípica tridimensional a somatocarta, siempre se cumplirán las desigualdades: $DAS_{ij} \geq SDD_{ij}$ y MAS ≥ SDM. Por ejemplo, para (3, 3, 3) y (4, 4, 4), DAS = 1,73 mientras que SDD = 0. (Véase Figura 7.17).

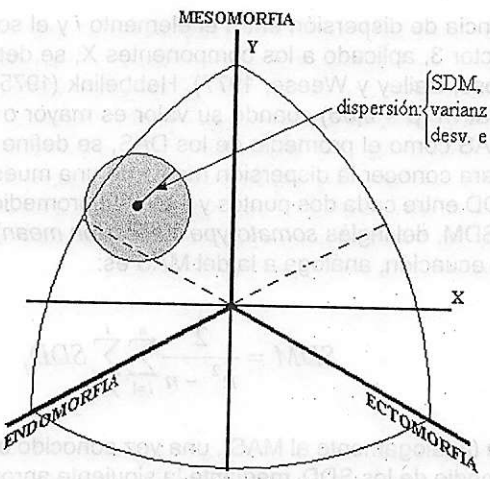


Figura 7.17. La representación tridimensional de los estadísticos de dispersión del somatotipo bidimensional es un círculo con centro en el somatopunto medio

De hecho, la pérdida de una tercera dimensión al reducir tres coordenadas (ectomorfia, mesomorfia y endomorfia) a solo dos (X e Y) confiere a la somatocarta ciertas limitaciones. De una parte, la posición de un somatopunto no indica el valor del somatotipo al que representa, sino la relación entre los componentes del somatotipo, independientemente de la magnitud de cada uno por separado. Por ejemplo, el somatopunto (2,3) corresponde a múltiples somatotipos como (3;3,5;1), (4; 4,5 ;2), (5; 5,5 ;3), (6; 6,5; 4), cuya forma física varía considerablemente. Por otra parte, dados dos somatopuntos, desconocemos, por ejemplo, cuál es aquel con mayor mesomorfia, ectomorfia o endomorfia (Figura 7.18).

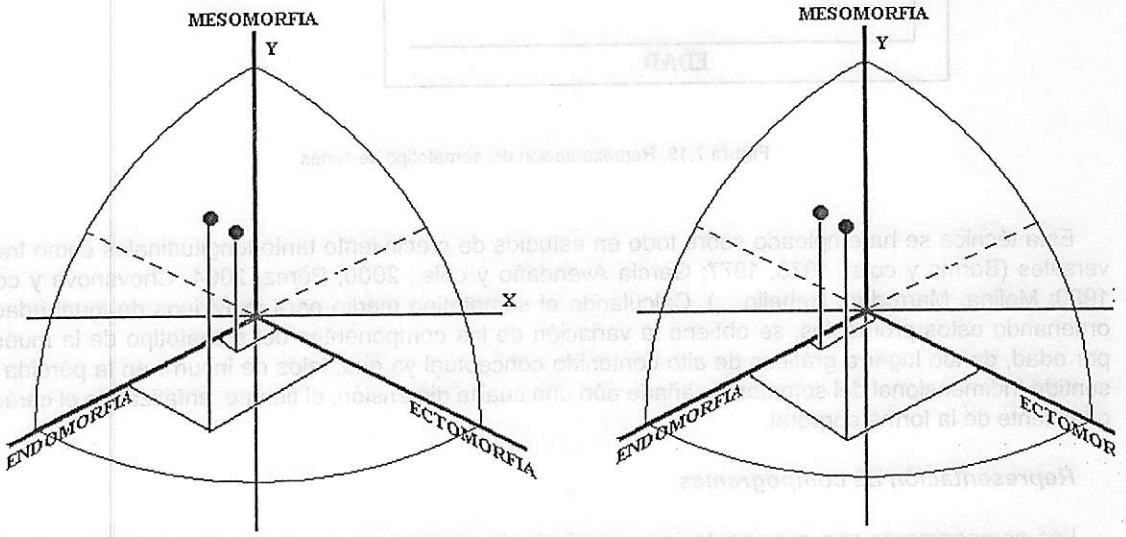


Figura 7.18. Representación tridimensional de dos somatotipos y su proyección sobre la somatocarta

A la vista de las ecuaciones de X e Y, la representación en un somatotipo concreto en la somatocarta, indica la diferencia entre ectomorfia y endomorfia, así como la diferencia entre el doble de la mesomorfia y la suma de ectomorfia y endomorfia, lo que disminuye la objetividad al comparar somatotipos. Dos somatotipos alejados en el espacio tridimensional, pueden parecer próximos en la somatocarta o incluso coincidir (por ejemplo, (3, 3, 3) y (4, 4, 4), donde DAS = 1,73 mientras que SDD = 0). Matemáticamente se demuestra que, para que dos somatotipos coincidan en un mismo somatopunto, es necesario que entre ambos se cumpla la condición de que las diferencias entre los tres componentes tengan el mismo valor. Esto es, si los dos somatotipos son: (ECT_1, MES_1, END_1) y (ECT_2, MES_2, END_2), entonces se representarán por el mismo somatopunto si se cumple la condición:

$$ECT_1 - ECT_2 = MES_1 - MES_2 = END_1 - END_2$$

7.2.3. Alternativas a la representación bidimensional del somatotipo

Básicamente se han empleado tres modos de representación del somatotipo encaminadas a minimizar las limitaciones de la representación bidimensional: la representación de series de somatotipos, los compogramas y la técnica de gradación de puntos.

Representación del somatotipo de series

El somatotipo individual o promedio de una muestra puede ser representado en un gráfico bidimensional que expresa en el eje de ordenadas los valores de las tres componentes del somatotipo, y en el de abcisas el número de individuos pertenecientes a cada categoría según el criterio de clasificación de la serie. Si tales individuos se ordenan según algún criterio como, peso, altura, edad, sumatorio de pliegues, etc. los resultados son significativos (Figura 7.19).

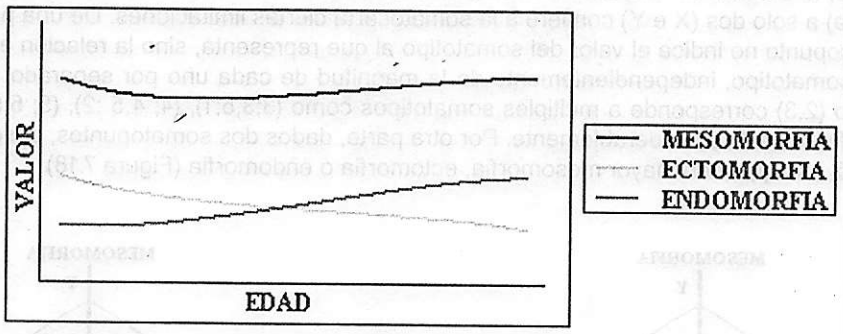


Figura 7.19. Representación del somatotipo de series

Esta técnica se ha empleado sobre todo en estudios de crecimiento tanto longitudinales como transversales (Borms y cols., 1973, 1977; García Avendaño y cols., 2000; Pérez, 2004, Chovanová y cols., 1980; Malina, Marrodán, Hebelin....). Calculando el somatotipo medio para individuos de igual edad, y ordenando estos promedios, se obtiene la variación de las componentes del somatotipo de la muestra por edad, dando lugar a gráficos de alto contenido conceptual ya que, lejos de incurrir en la pérdida del sentido tridimensional del somatotipo, añade aún una cuarta dimensión, el tiempo, enfatizando el carácter cambiante de la forma corporal.

Representación de compogramas

Los compogramas son representaciones gráficas diseñadas para comparar dos variables que sólo toman valores positivos respecto a una tercera. Para ello, la variable dependiente se sitúa sobre el eje de ordenadas. Las otras dos variables, independientes entre sí, y dependientes de la tercera, se sitúan en el eje de abcisas, una hacia el semieje positivo y la otra hacia el negativo. Resultan así dos proyecciones, una sobre cada uno de los planos verticales del sistema de coordenadas, de forma que un somatotipo estará representado por dos puntos, uno en el semiplano derecho y otro en el izquierdo (Figura 7.20).

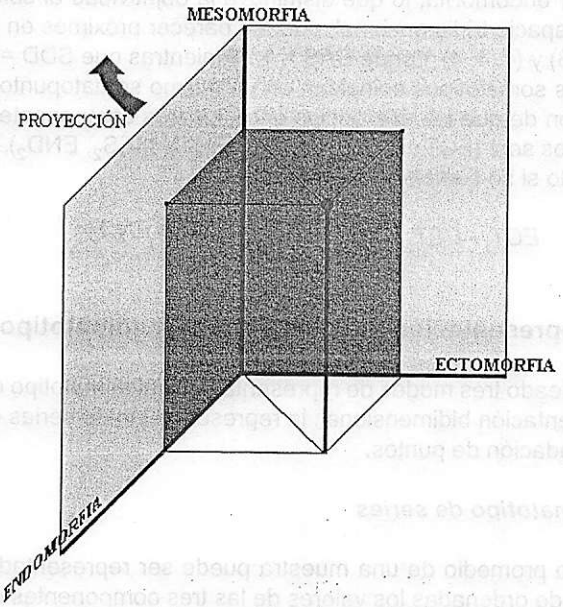


Figura 7.20. Representación de un somatotipo sobre el compograma

En el caso del somatotipo la independencia de las componentes es relativa. Las variables ideales para estar en el eje de abcisas serían la mesomorfia y la endomorfia, puesto que para su cálculo se requieren parámetros relacionados con el peso y la estatura, ambos relacionados con la ectomorfia. Sin embargo, por homogeneidad con las representaciones tradicionales de la somatocarta se utilizan más la ectomorfia y la endomorfia como ejes de abcisas.

La representación en compograma es adecuada para comparar un grupo muy pequeño de individuos, esto es, entre, 2 y 20, ya que para una muestra mayor, la complejidad de la representación dificulta su interpretación. También es interesante para situar un individuo dentro de una determinada zona o somatozona (Figuras 7.21.a y 7.21.b), tal como la zona de atletas que practican determinada modalidad deportiva y para comparar somatozonas entre sí.

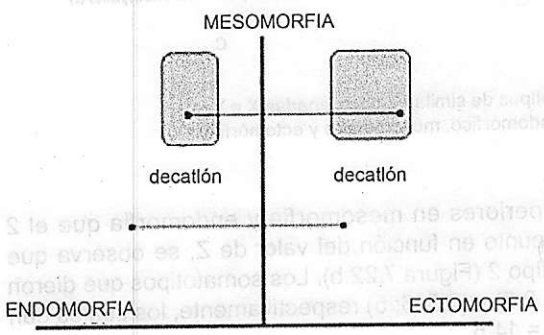


Figura 7.21.a. Comparación de dos somatotipos y representación de una de las somatozonas. Cada par de puntos unidos entre sí por una línea, representa un somatotipo

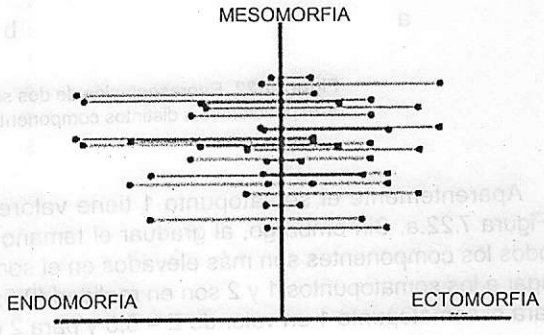


Figura 7.21.b.
Comparación entre 20 somatotipos

Técnica de gradación de somatopuntos

Esta técnica consiste en simular el efecto de profundidad que se pierde en la somatocarta por ser esta una representación bidimensional. Para ello, además de las componentes X e Y debe calcularse un componente Z que indique la "profundidad" a la que se encuentra el somatopunto dentro de la somatocarta.

Menos precisa que las anteriores, permite no perder la visión tridimensional intuitiva de la somatocarta, y poder reunir en ella un gran número de individuos sin que la gráfica se complique innecesariamente.

Aplicando el análisis vectorial, el valor de la componente Z perpendicular a X e Y sería la suma de los tres componentes del somatotipo, teniendo hora dos factores de escala, uno el que ya teníamos entre X e Y y otro entre Y y Z.

Es decir:

$$|Y| = \sqrt{3} \cdot |X|$$

$$|Y| = \sqrt{2} \cdot |Z|$$

Un punto en la somatocarta estaría así definido por sus coordenadas X e Y siendo su "tamaño" definido por el valor de Z (Z = Endomorfia + Mesomorfia + Ectomorfia) en función de una escala que previamente se haya definido para los distintos valores de Z. En la Figura 7.22 se han representado los somatopuntos 1 y 2 (siendo sus coordenadas X e Y: (-2; 4) y (-1,5; 3,5)) sobre una somatocarta tradicional.

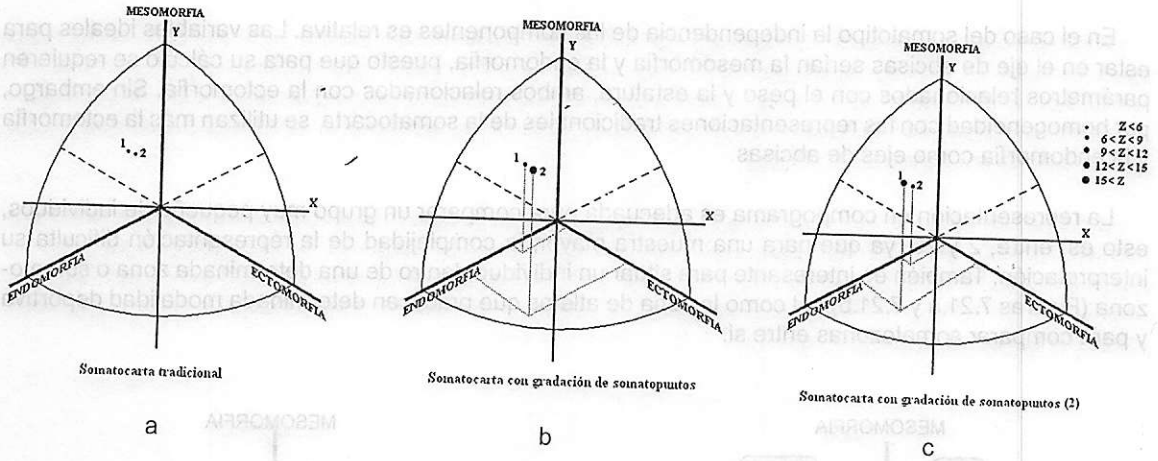


Figura 7.22. Representación de dos somatotipos de similares coordenadas X e Y correspondientes a distintos componentes: endomórfico, mesomórfico y ectomórfico

Aparentemente el somatopunto 1 tiene valores superiores en mesomorfia y endomorfia que el 2 (Figura 7.22.a. Sin embargo, al graduar el tamaño del punto en función del valor de Z, se observa que todos los componentes son más elevados en el somatotipo 2 (Figura 7.22.b). Los somatotipos que dieron lugar a los somatopuntos 1 y 2 son en realidad (0,5; 3,5; 2,5) y (3,5; 6; 5) respectivamente, los cuales dan para el somatopunto 1 un valor de Z = 6,5 y para 2 de Z = 14,5.

De hecho, la somatocarta tradicional no puede distinguir cuál es el valor de los componentes del somatotipo de cara a comparar ambos puntos. Por ejemplo, si los somatotipos de los puntos 1 y 2 fueran (2,5; 5,5; 4,5) y (1; 3,5; 2,5) los somatopuntos estarían en las mismas posiciones que en el ejemplo anterior. Sin embargo, la somatocarta con gradación de somatopuntos mostraría una gran diferencia con la anterior (Figura 7.22.c).

Hasta ahora hemos descrito los conceptos que sirven de base para el estudio del somatotipo individual. Sin embargo, cuando nos enfrentamos al análisis de un conjunto de somatotipos, es necesario el conocimiento de distintos tipos de análisis y representaciones del mismo, ya que de la elección adecuada de unos u otros dependerán en gran medida las conclusiones de cada estudio, siendo necesaria, en numerosas ocasiones, la combinación de unos y otros para obtener una interpretación clara del conjunto, como veremos a continuación, al describir las estrategias de análisis de la forma corporal.

7.3. Estrategias de análisis del somatotipo de grupos

7.3.1. Determinación de somatozonas

Se llaman somatozonas a aquellas regiones del somatograma o de la somatocarta en las cuales existe mayor probabilidad de encontrar somatotipos correspondientes a características muy concretas. Por ejemplo, la región del somatograma donde se concentran los somatotipos de los jugadores de baloncesto de la NBA cuyo puesto de juego es pívot sería la somatozona de los pívots de la NBA.

Somatozonas en el somatograma

Claramente, la probabilidad de encontrar un somatotipo concreto en una somatozona se relaciona con los estadísticos de dispersión de la muestra de somatotipos que se esté analizando. De éste modo, la esfera de dispersión en torno al somatotipo medio es una forma de somatozona, de probabilidad determinada por el estadístico de dispersión elegido, para el análisis de una determinada muestra (Figura 7.23).

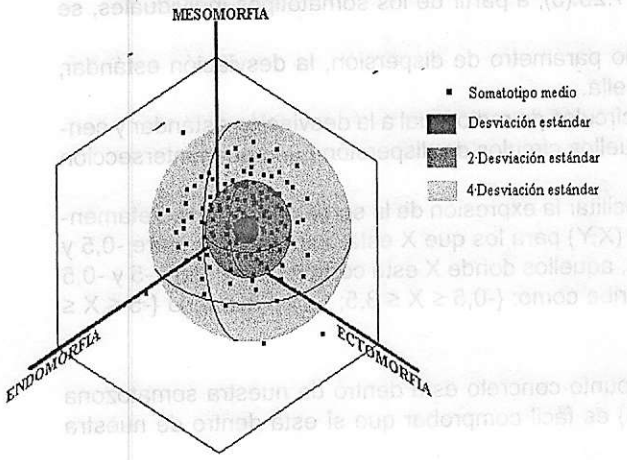


Figura 7.23. Representación de una somatozona. Se ha empleado como valor de dispersión la desviación estándar

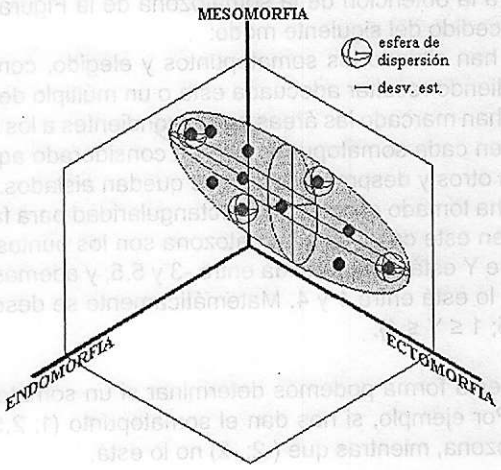


Figura 7.24. Elipsoide de revolución, que incluye todos los somatotipos de la muestra. Valor de dispersión aplicado: desviación estándar

Dependiendo de las características que tengan en común los individuos de la muestra y de los criterios que debamos aplicar, la determinación de una somatozona puede no tener una forma esférica, sino cuadrada, elíptica o simplemente irregular (Figura 7.24). En estos casos conviene determinar primero cuál será el valor de dispersión que utilicemos y si se van a incluir o no todos los somatotipos. La mayor limitación para la determinación de somatozonas en el somatograma estriba en la complejidad de su cálculo y representación gráfica, lo cual dificulta su interpretación, especialmente para somatozonas irregulares. Por lo que este tipo de análisis suele realizarse sobre su proyección bidimensional o somatocarta.

Somatozonas en la somatocarta

Al igual que en la representación tridimensional, la representación de una somatozona en la somatocarta vendrá determinada por criterios tales como el valor que tomemos para a la dispersión, si queremos que todos los somatopuntos estén incluidos, o la forma que deseemos que tenga. Veamos la construcción gráfica con un ejemplo (Figura 7.25).

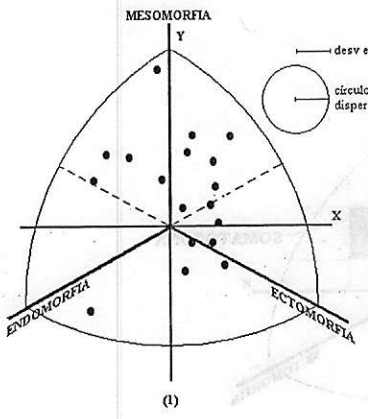


Figura 7.25.(1). Determinación de los somatopuntos y elección de la desviación estándar como parámetro de dispersión

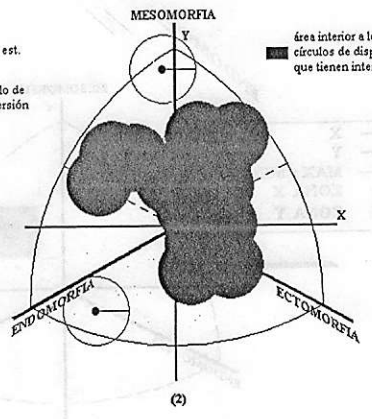


Figura 7.25.(2). Circunferencias de dispersión en torno a cada somatopunto

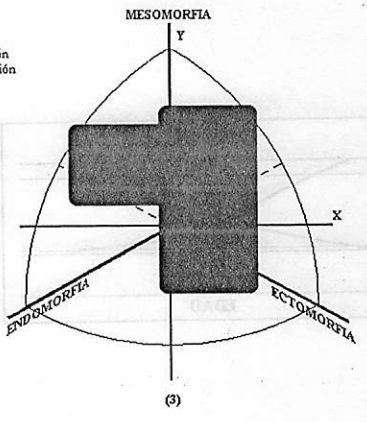


Figura 7.25.(3). Selección de las zonas

Para la obtención de la somatozona de la Figura 7.25.(3), a partir de los somatotipos individuales, se ha procedido del siguiente modo:

1. Se han situado los somatopuntos y elegido, como parámetro de dispersión, la desviación estándar, pudiendo resultar adecuada esta o un múltiplo de ella.
2. Se han marcado las áreas correspondientes a los círculos de radio igual a la desviación estándar y centro en cada somatopunto. Se han considerado aquellos círculos de dispersión que hacen intersección con otros y despreciado los que quedan aislados.
3. Se ha tomado el criterio de rectangularidad para facilitar la expresión de la somatozona. Concretamente, en este caso, esta somatozona son los puntos (X,Y) para los que X está comprendida entre -0,5 y 3,5 e Y está comprendida entre -3 y 5,5; y además, aquellos donde X está comprendida entre -5 y -0,5 e Y lo está entre 1 y 4. Matemáticamente se describe como: $\{-0,5 \leq X \leq 3,5;\ -3 \leq Y \leq 5,5\} \cup \{-5 \leq X \leq -0,5;\ 1 \leq Y \leq 4\}$.

De esta forma podemos determinar si un somatopunto concreto está dentro de nuestra somatozona o no. Por ejemplo, si nos dan el somatopunto (1; 2,5) es fácil comprobar que sí está dentro de nuestra somatozona, mientras que (-2; -2) no lo está.

Determinación de somatozonas en series de datos

Cuando los individuos de la muestra tienen un orden o criterio de clasificación, como edad, altura o sexo, puede emplearse la representación del somatotipo de series, que permite identificar con facilidad las somatozonas, no solo en la somatocarta bidimensional (Figura 7.26.b), sino también en el somatograma tridimensional (Figura 7.26.a). Para ello solo es necesario calcular el máximo y el mínimo de cada componente y la somatozona corresponderá a la intersección de estos rangos.

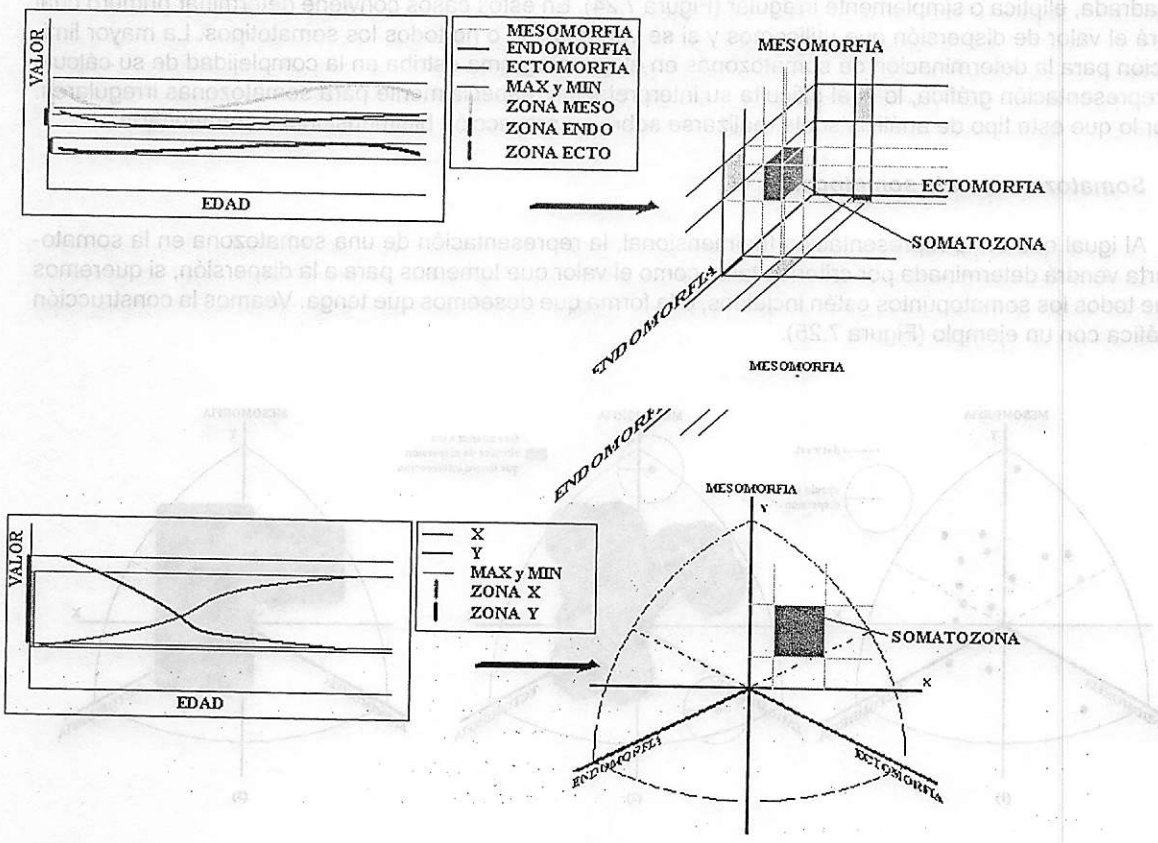


Figura 7.26. Somatotipo de una serie de datos ordenada por edad. La determinación del máximo y el mínimo de cada componente permite identificar la somatozona correspondiente. **a.** Representación tridimensional. **b.** Representación bidimensional

7.3.2. Migración somática

La migración somática consiste en el cálculo de la trayectoria que sigue un conjunto de somatotipos que están ordenados según algún criterio, por ejemplo la edad o el tiempo de práctica de determinado ejercicio. Los somatotipos individuales resultan así clasificados de forma que uno es el primero, otro el segundo, etc. Siguiendo este orden y aplicando alguna de las técnicas de regresión, como la regresión lineal o las técnicas de Cox y Box (véase capítulo 6), podemos calcular la línea que describe la variación del somatotipo según el criterio de ordenación.

En general, el cálculo de estas curvas puede ser complejo, dado que para obtener la curva de migración, previamente necesitamos calcular las curvas de regresión para cada componente en función de la variable que define la serie (por ejemplo, la edad). De este modo, en la representación tridimensional tendríamos tres curvas de regresión, una para cada componente, sobre las que se aplicaría un programa informático para la representación de curvas en tres dimensiones, usando en este caso la edad como parámetro (Figura 7.27).

Dada la dificultad para calcular la migración somática sobre el somatograma, normalmente se calculará sobre la somatocarta. Las técnicas a aplicar dependerán de las ecuaciones de regresión que consideremos más ajustadas a la distribución somatotípica.

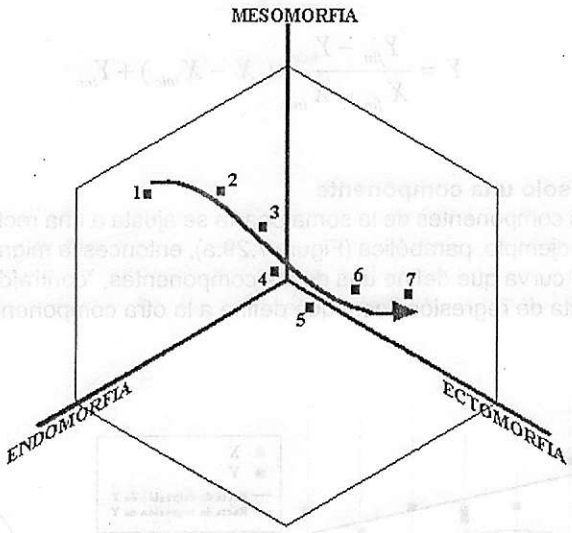


Figura 7.27. Representación tridimensional de la migración somática de una serie de somatotipos ordenados por edad

Migración somática en la somatocarta

En función de las cualidades de las series X e Y elegiremos la forma gráfica de regresión que sea más representativa. Si la forma de una serie es muy compleja podremos hacer su regresión por tramos. Actualmente, gracias a los ordenadores, cualquier programa estadístico u hoja de cálculo nos permite conocer y representar las ecuaciones de regresión de una serie, por lo que el análisis del somatotipo bidimensional supone que debemos trabajar con dos series, una para X y otra para Y. En función del tipo de regresión que se ajuste mejor a cada componente, el resultado de la combinación de ambas definirá la morfología final de la línea de migración:

A. Regresión lineal en ambas componentes

El caso más sencillo corresponde al de la regresión lineal para cada una de las dos componentes de la somatocarta. En este caso las graficas de las series por edad y sus rectas de regresión serían similares a las representadas en la Figura 7.28.a.

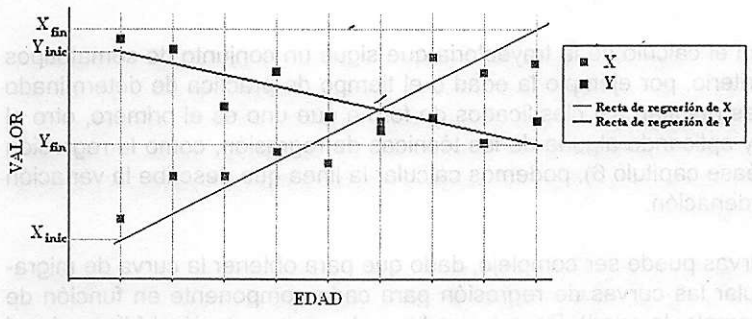


Figura 7.28.a.
Rectas de regresión lineal para las serie X e Y

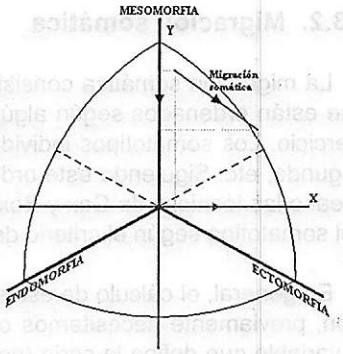


Figura 7.28.b. Representación bidimensional de la migración somática de una serie de somatotipos cuando las componentes X e Y se ajustan a rectas de regresión lineal

Conociendo ahora los valores inicial y final de X e Y para las rectas de regresión, y la dirección en la que crecen o decrecen podemos calcular y trazar la migración somática de forma sencilla, mediante la expresión:

$$Y = \frac{Y_{fin} - Y_{inic}}{X_{fin} - X_{inic}}(X - X_{inic}) + Y_{inic}$$

B. Regresión lineal en solo una componente

Si solo una de las dos componentes de la somatocarta se ajusta a una recta de regresión lineal, siendo la otra una curva, por ejemplo, parabólica (Figura 7.29.a), entonces la migración somática estará representada por la misma curva que define una de las componentes, "contraída" o "estirada" en función de la pendiente de la recta de regresión lineal que define a la otra componente (Figura 7.29.b).

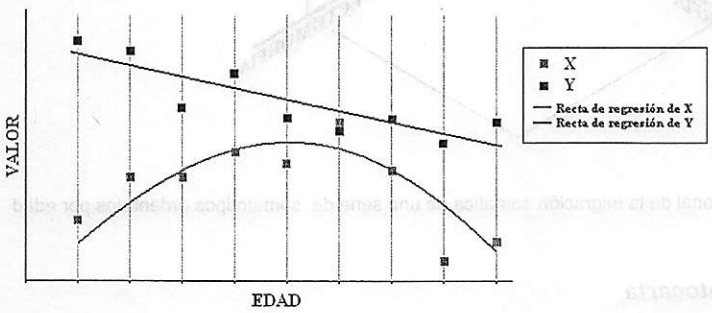


Figura 7.29.a.
Regresión no lineal para la serie X

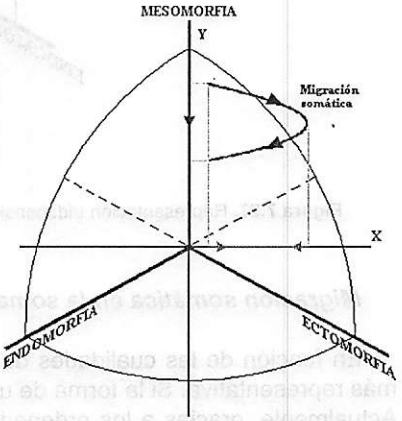


Figura 7.29.b. Migración somática de una serie de somatotipos cuando la componente Y se ajusta a una recta de regresión lineal y la componente X se ajusta a una curva

Despejando la edad de ecuación de regresión lineal y sustituyéndola en la ecuación de regresión de la otra componente, se obtiene la ecuación de la línea que define la migración somática de la serie de somatotipos.

Por ejemplo, si las ecuaciones de regresión son: $\begin{cases} Y = -0{,}2 \cdot EDAD + 6{,}2 \\ X = -EDAD^2 + 140 \end{cases}$ de la primera ecuación despejamos EDAD y la sustituimos en la segunda de forma que nos queda:

$$X = -2{,}5Y^2 + 31Y + 43{,}9$$

C. Regresión no lineal en ambas componentes

Por último, cuando la forma de las curvas de regresión sea no lineal para ambas componentes X e Y, el cálculo de la ecuación explícita quedará en función del parámetro que ordena la serie (la edad en nuestro caso) y de las ecuaciones de regresión de X e Y. En nuestro ejemplo, en función de distintos valores que tomemos para la edad escribiremos una tabla de valores para las curvas de regresión de las componentes (X, Y) para construir, sobre la somatocarta, una gráfica de dispersión de somatopuntos pertenecientes a la curva de migración somática, y luego trazaremos una curva suavizada de conexión entre los puntos. Para esta práctica muchos programas gráficos y hojas de cálculo permiten obtener directamente la curva suavizada.

El procedimiento general se puede observar en el ejemplo de la Figura 7.30:

1. Según los valores de nuestra serie de somatopuntos, se calculan las funciones de regresión de X e Y, para lo que pueden emplearse programas estadísticos y hojas de cálculo (Figura 7.30.1).
2. Construir una tabla de valores de X e Y para las funciones de regresión de tal forma que cada par (X, Y) corresponda a un mismo somatopunto (Figura 7.30.2).
3. Señalar sobre la somatocarta los valores de la tabla anterior. Se puede trazar los segmentos de unión entre los puntos.

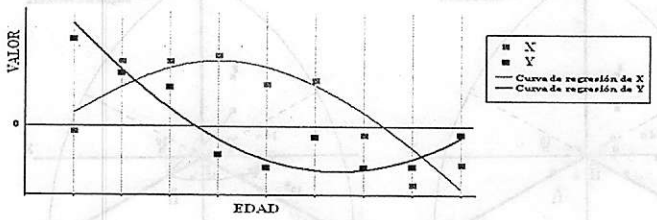


Figura 7.30.1. Regresión no lineal para X e Y

X	0,5	1,2	1,7	2,0	1,7	0,2	-0,6	-1,4	-3,0
Y	3,0	2,5	1,8	0,1	-1,6	-2,0	-1,7	-1,3	-0,6

Figura 7.30.2. Tabla de valores X e Y

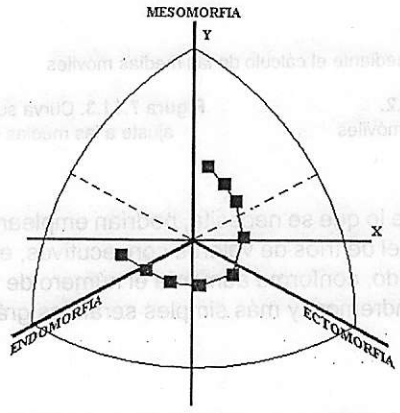


Figura 7.30.3. Migración somática de una serie de somatotipos cuando las componentes no se ajustan a una recta de regresión lineal

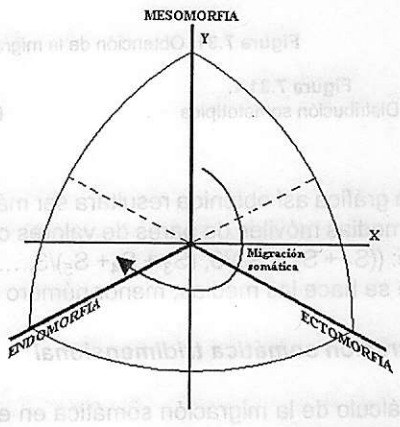


Figura 7.30.4. Curva suavizada

4. Trazar la curva suavizada. Esta curva tendrá por ecuación paramétrica las dos curvas de regresión, esto es:

$$X = \text{regresión}_x\ (EDAD)$$
$$Y = \text{regresión}_y\ (EDAD)$$

Siendo EDAD el parámetro de la ecuación.

D. Métodos de aproximación gráfica. Método de las medias móviles

Cuando nuestro interés en la migración somática se centra en un conocimiento aproximado de la forma en la que se produce la evolución del somatotipo en función del parámentro de variación (en nuestros ejemplos, la edad), existen diversas técnicas gráficas que permiten trazar con buena aproximación su representación, destacando entre ellas el método de las *medias móviles*.

El más utilizado, por ser el método más sencillo es el de las medias móviles de valores consecutivos. En este caso, dada la serie de somatopuntos (S_1, S_2, S_3, S_4,...), se llama serie de las medias móviles a la serie construida por la media aritmética de grupos de valores consecutivos (pares, tríos, etc...). En el caso de interesarnos la referencia a pares de valores, la serie de medias móviles quedaría constituida por los valores: $((S_1 + S_2)/2, (S_2 + S_3)/2, (S_3 + S_4)/2,...)$.

Si tenemos representada en la somatocarta los somatopuntos correspondientes a nuestra serie (Figura 7.31.1), las medias móviles serán los puntos medios entre dos valores consecutivos (Figura 7.31.2). De esta forma, la migración somática se puede estimar como la curva suave que pasa consecutivamente por las distintas medias móviles (Figura 7.31.3).

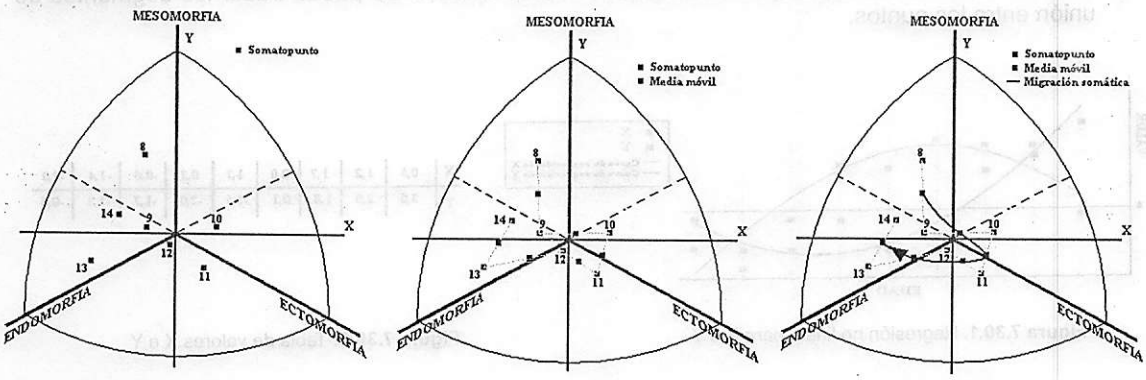


Figura 7.31. Obtención de la migración somática mediante el cálculo de las medias móviles

Figura 7.31.1. Distribución somatotípica

Figura 7.31.2. En azul, medias móviles

Figura 7.31.3. Curva suavizada de ajuste a las medias móviles

Si la gráfica así obtenida resultara ser más compleja de lo que se necesita, podrían emplearse, en lugar de las medias móviles de pares de valores consecutivos, el de tríos de valores consecutivos, esto es, usar la serie: $((S_1 + S_2 + S_3)/3, (S_3 + S_4 + S_5)/3,....)$. De este modo, conforme aumenta el número de valores con los que se hace las medias, menor número de puntos tendremos, y más simples serán las gráficas.

Migración somática tridimensional

El cálculo de la migración somática en el somatograma tridimensional entraña varias dificultades que solo podrán resolverse, o bien con una gran experiencia en representaciones gráficas, o bien con programas informáticos especiales. Sin embargo, en algunos casos los resultados son muy representativos.

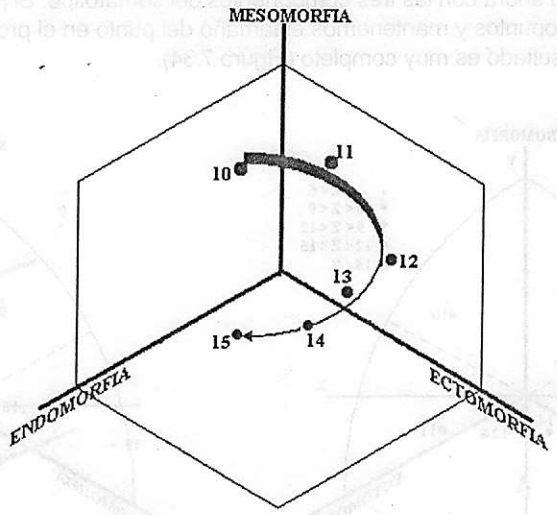


Figura 7.32. Migración somática del somatotipo femenino en una muestra de adolescentes entre 10 y 15 años

La Figura 7.32 muestra la migración somática de un grupo de adolescentes femeninas comprendidas entre 10 y 15 años, sanas, correctamente nutridas y con un grado de actividad física media. Resulta fácil interpretar, a la vista del trazado, que el somatotipo femenino entre estas edades pasa de ser mesomorfo a los 10 años, a endomorfo a los 15. Su proyección sobre la somatocarta podría inducir el error interpretativo de creer que la ectomorfia disminuye sustancialmente en adolescentes tardías, cuando en realidad se mantiene casi constante, y lo que aumenta es la endomorfia.

A. Migración somática tridimensional con compogramas

Con la ayuda de un compograma podemos obtener la migración somática aplicando las mismas técnicas que en las somatocartas, solo que ahora sobre dos curvas: una en el plano ectomorfia-mesomorfia y otra en el plano endomorfia-mesomorfia (véase Figura 7.24). El resultado sería la proyección de la migración somática tridimensional sobre estos planos:

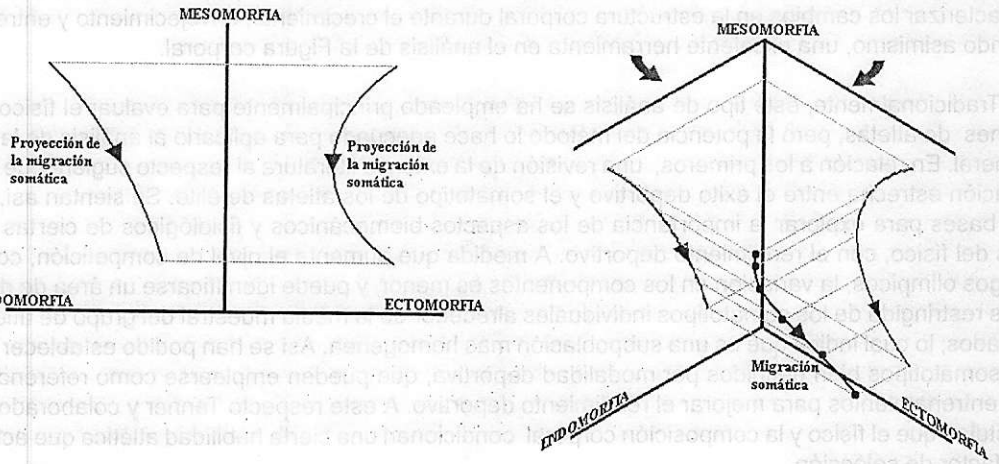


Figura 7.33. Representación de la migración somática de una muestra de somatotipos mediante compogramas

B. Migración somática tridimensional con medias móviles

La técnica de las medias móviles es probablemente el método más sencillo para hacer la gráfica correspondiente a una migración somática en tres dimensiones. El sistema que empleamos es el mismo que en

la somatocarta, pero ahora con las tres componentes del somatotipo. Si partimos de la representación por gradación de somatopuntos y mantenemos el tamaño del punto en el propio trazado de la línea de migración somática, el resultado es muy completo (Figura 7.34).

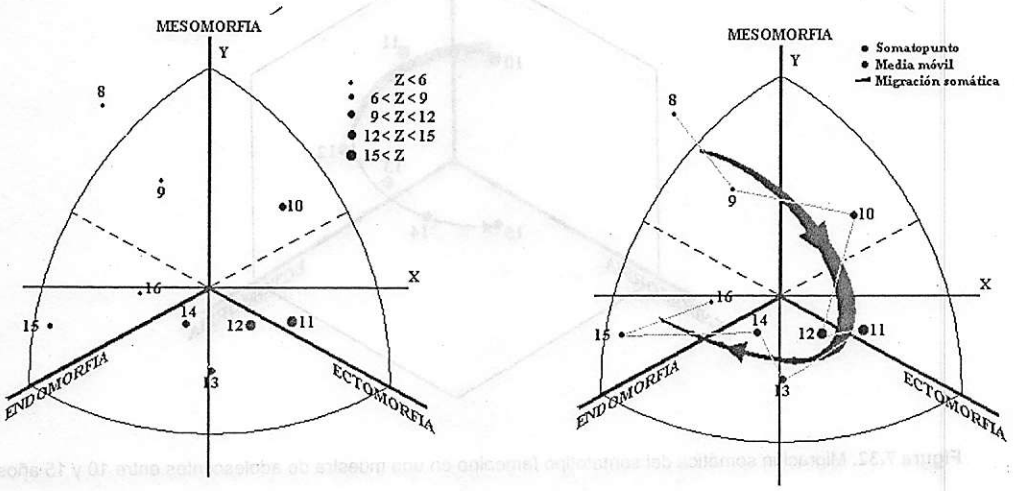


Figura 7.34. Representación de la migración somática de una muestra de somatotipos mediante medias móviles, partiendo de la representación tridimensional del somatotipo con gradación de somatopuntos

La potencia de la representación gráfica del somatotipo radica en la riqueza interpretativa que aportan los distintos tipos de análisis de la forma corporal.

7.4. Ámbitos de aplicación del somatotipo

7.4.1. El somatotipo como indicador de salud

La fortaleza de la técnica del somatotipo radica en la combinación de tres aspectos físicos en una única sigla numérica, mediante la cual es posible describir el tipo físico y su variación en el tiempo para caracterizar los cambios en la estructura corporal durante el crecimiento, envejecimiento y entrenamiento; siendo asimismo, una excelente herramienta en el análisis de la Figura corporal.

Tradicionalmente, este tipo de análisis se ha empleado principalmente para evaluar el físico en poblaciones de atletas, pero la potencia del método lo hace adecuado para aplicarlo al análisis de la población general. En relación a los primeros, una revisión de la extensa literatura al respecto sugiere que existe una relación estrecha entre el éxito deportivo y el somatotipo de los atletas de élite. Se sientan así, por tanto, las bases para explorar la importancia de los aspectos biomecánicos y fisiológicos de ciertas dimensiones del físico, con el rendimiento deportivo. A medida que aumenta el nivel de competición, como en los juegos olímpicos, la variación en los componentes es menor, y puede identificarse un área de distribución más restringida de los somatotipos individuales alrededor de la media muestral del grupo de atletas considerados; lo cual indica que es una subpoblación más homogénea. Así se han podido establecer prototipos de somatotipos bien definidos por modalidad deportiva, que pueden emplearse como referencia durante los entrenamientos para mejorar el rendimiento deportivo. A este respecto Tanner y colaboradores (1980) postulan que el físico y la composición corporal condicionan una cierta habilidad atlética que actúan como un factor de selección.

Pero además de este tipo de análisis básicamente descriptivo, se encuentra el análisis del somatotipo en los estudios que tratan sobre la relación estructura-función, (Carter y Heath, 1971; Pancorbo Sandoval, 1986, Orvanová, 1990). En deportes de combate, por ejemplo, se han realizado estudios de las características morfológicas de acuerdo a las categorías de peso de los atletas de élite para tomarlas como modelo

a fin de garantizar el éxito en las competiciones. Los resultados revelaron fundamentalmente diferencias significativas en el índice ponderal entre eventos y categorías de peso, pero no en cuanto a la dispersión de los somatotipos alrededor de la media (Kang, 2001). Los estudios somatotípicos en deportistas también se han enfocado hacia el establecimiento de diferencias en la morfología de acuerdo al estilo o la posición de juego en la cual se desempeñan los atletas (Carter 1999, 2005; Herrero, 2005). La relación con otros campos de investigación se pone de manifiesto en la amplia bibliografía, destacando los estudios que muestran la relación del somatotipo con la composición corporal, (Slaughter y Lohman, 1976; Rosique y cols., 1994; Milne, 1996).

Asimismo, han sido objeto de atención los trabajos sobre crecimiento, tanto longitudinales que son los más escasos (Heath y Carter, 1971; Carter y Parizkova, 1978, Claessens y cols., 1986; Malina y Bouchard, 1991), como de modo transversal (Duquet y cols., 1975 (Bélgica); Singh y Sidhu, 1980 (India); Bozsar, 1982; Eiben, 1985 (Hungría); Pérez y cols., 1986; Marrodán (1988, 1991); Pacheco y cols., (1990); Rebato y Rosique (1995); Bustamante Valdivia, 2003; Maestre 2004) donde se plantea la estabilidad y sentido de los cambios del somatotipo durante el proceso ontogénico, así como las posibles causas que pueden modificar el somatotipo, como la nutrición, la enfermedad, y el nivel de actividad física o de entrenamiento deportivo.

Es importante señalar los hallazgos de Chovanová y cols., (1980), realizados en gemelos para analizar la influencia de la genética sobre la fuerza de los componentes del somatotipo (Chovanová y cols., 1980). En este caso se destaca la fuerte influencia de la herencia en el físico con una mayor incidencia de los índices de heredabilidad en el grupo masculino.

La estrategia del somatotipo se ha empleado, por otra parte, como una alternativa para complementar el análisis de la evaluación nutricional (Rodríguez Alonso y cols., 1982, Pérez, 1989). Amador en 1983, por ejemplo, confirma el paralelismo entre el somatotipo y el estado nutricional, ya que encontró una relación estrecha entre el índice de energía-proteína, utilizado en la evaluación nutricional, con el somatotipo, especialmente con el primer componente. Asimismo revela un gran interés la relación entre el físico y la maduración, donde numerosos autores (Borms y cols., 1973; 1977, García Avendaño y cols., 2000, Pérez 2004) llaman la atención sobre la necesidad de considerar los resultados que arrojan los indicadores de maduración, para la adecuación de los métodos de entrenamiento, especialmente en los deportes de iniciación temprana como la gimnasia y la natación.

El análisis de la forma corporal basado en la combinación de técnicas fotoscópicas y técnicas antropométricas, ofrece una posibilidad complementaria de análisis en la evaluación de la Figura corporal (Carter y Heath, 1990).

El somatotipo se encuentra determinado tanto por la genética como por el medio ambiente, si bien el grado en el que influye cada uno de ellos es difícil de cuantificar ya que hay pocas investigaciones al respecto. Al igual que sucede con otros componentes de la biología humana, el somatotipo es un producto multicausal, en el cual la edad, el sexo y el estadio de maduración entran a formar parte de este complejo proceso biológico. Pero indudablemente, la influencia del medio ambiente, bajo los aspectos de la nutrición, ejercicio, ocupación o enfermedad entre otras, interviene de forma decidida en la conformación del somatotipo en el momento de ser estudiado.

Carter y Heath (1990) describen al somatotipo como *la etiqueta de identificación antropológica*, pero sin embargo, a decir de los mismos autores, esta herramienta proporciona respuestas limitadas relacionadas con el físico. Hay que destacar de manera puntual que, con el somatotipo, no se evalúa en ningún momento la distribución de la adiposidad o de las proporciones en general, para lo que resultan necesarios otros aspectos de la técnica cineantropométrica, tales como el estudio de la composición corporal y el análisis de la distribución de los componentes corporales mediante el estudio de la proporcionalidad. (véase capítulos 6 y 8).

7.4.2. Aplicación del somatotipo a los estudios de crecimiento

La **forma corporal del adulto** es el **resultado final del proceso de adaptación del individuo inmaduro durante el crecimiento** (Rosique y Rebato, 2003). El estudio del somatotipo antropométrico incor-

porado a los estudios auxiológicos y a los estudios de maduración ósea y sexual, ha permitido comprender mejor las diferencias en el proceso de adquisición de la forma corporal (Walquer, 1978).

Las variaciones alométricas de las distintas partes del cuerpo imprimen un carácter discontinuo al proceso del crecimiento humano, que determina etapas críticas de la ontogenia en las que los cambios se producen a velocidades mayores que en otras. Este hecho es debido a que cada tipo de tejido posee su propio modelo y velocidad de crecimiento (Tanner, 1989), que conduce a continuos cambios en el somatotipo.

Salvando la rápida progresión de los cambios intrauterinos y de la etapa preescolar, entre los 3 o 4 años y los 8 años, se produce un cambio importante debido a la redistribución de la grasa corporal, el desarrollo del tejido muscular y el crecimiento de las extremidades a estas edades, que originan un aumento de la ectomorfia y una disminución de la meso-endomorfia.

Como descripción general podemos decir que en el nacimiento (Figura 7.25), ambos sexos son muy mesomorfos y endomorfos, mientras que su ectomorfia es muy pequeña. Sin embargo, rápidamente, desde los primeros meses, la endomorfia superará a la mesomorfia, mientras la ectomorfia sigue siendo muy baja. Hacia el final del primer año de vida, la endomorfia alcanza su máximo y a partir de esa edad, la tendencia a la endopenia será la norma, excepto, en el caso de las niñas, que experimentan un aumento de la endomorfia durante la etapa preadolescente. La mesomorfia, en las primeras etapas de la infancia, también tiende a disminuir aunque con mayor suavidad que la endomorfia, estabilizándose en los varones en torno al valor 4, a partir de los 7 años, y en las mujeres, alrededor del valor 3 hacia los 12 años. Por último, la ectomorfia en ambos sexos crece paulatinamente hasta los 9 años, alcanzando un valor más elevado en varones (entre 2,5 y 3) que en mujeres (entre 2 y 2,5).

En general, los varones a edades tempranas se mueven desde endo-mesomorfia hacia ecto-mesomorfia y ectomorfia-mesomorfia balanceada. Las niñas siguen aproximadamente la misma trayectoria, desde la endo-mesomorfia y endomorfia-mesomorfia balanceadas, mediante los somatotipos centrales, hacia la endomorfia-mesomorfia balanceada (Heath y Carter, 1990). Hacia la edad adulta, los varones tienden a estabilizarse en somatotipos mesomorfos o centrales, mientras que las mujeres tienden a somatotipos endomorfos o endomorfos-mesomorfos.

La rápida evolución de los cambios acaecidos durante la adolescencia y la extraordinaria plasticidad del adolescente frente a los factores moduladores externos de diversa índole, hacen especialmente interesantes los estudios de crecimiento en esta etapa del desarrollo humano, que tomaremos como referencia para describir las distintas aplicaciones que puede tener el análisis de la forma corporal, sobre una población.

Cambios somatotípicos durante la adolescencia. Dimorfismo sexual. Migración somática

La adolescencia supone una etapa de rápido crecimiento y máxima moldeabilidad, en la que el dimorfismo sexual se acentúa. Malina y Bouchard (1991) encontraron que el claro dimorfismo sexual propio de la adolescencia se origina en los cambios somatotípicos relacionados con el incremento del depósito graso en las chicas y el aumento de masa muscular en los chicos.

Durante la adolescencia, con el incremento de la masa muscular y la conclusión del proceso de osificación, la mesomorfia masculina aumenta considerablemente y la ectomorfia decrece. En la adolescencia y madurez temprana, las mujeres experimentan un incremento de la endomorfia (Carter y Heath, 1990) desplazándose hacia la endomorfia-mesomorfia balanceada y meso-endomorfia. Así, los varones tienden a ectomorfia-mesomorfia balanceada o mesomorfia clara, y las mujeres presentan una ligera predominancia de la endomorfia (Carter y Heath, 1990). No se puede predecir qué sujetos mantendrán un somatotipo estable o por qué, sin embargo, se ha observado que sostener una dieta y actividad física constantes hace que, en la mayoría de los somatotipos, la ectomorfia se mantenga estable (Heath y Carter, 1990).

Hasta los 6 años niños y niñas son somatotípicamente muy parecidos, excepto por una marcada disminución de la endomorfia en los varones (Figura 7.25). Sin embargo, en estas primeras etapas, la diferencia más significativa es que, entre los 6 y los 11 años, las niñas muestran una mesomorfia superior a la de los

niños, con un pico en la mesomorfia y la endomorfia a los 10 años muy superior al pico que se produce en los niños, que apenas varían la endomorfia.

En las mujeres, alrededor de los 9 años se produce un aumento de la mesomorfia y la endomorfia muy acusado acompañado de una disminución igualmente acusada de la ectomorfia. Al año siguiente se produce el máximo para ambos componentes, disminuyendo bruscamente a partir de los 11 años. Es alrededor de esta edad cuando se produce en las mujeres el cambio de dominancia mesomórfica (Figura 7.35.b y 7.36.b) que era la norma desde el final de la etapa preescolar, a dominancia endomórfica, hecho que suele coincidir con la perimenarquia.

La forma corporal femenina, muestra una tendencia hacia los somatotipos centrales de la somatocarta entre los 11 y 12 años, siendo la ectomorfia el componente que menos variación sufre en este periodo de edad. A partir de los 12 años, la mesomorfia y ectomorfia sufrirán fluctuaciones en torno a su valor final. Sin embargo, la endomorfia irá en aumento, estabilizándose más adelante, ya en la etapa adulta (Figura 7.35.b y 7.36.b).

Las etapas adolescentes se caracterizan por cambios y fluctuaciones (Figura 7.25), menos acusados y más prolongados en el tiempo en los varones (entre los 9 y 17 años), y más bruscos y rápidos en mujeres (entre los 9 años y 15 años).

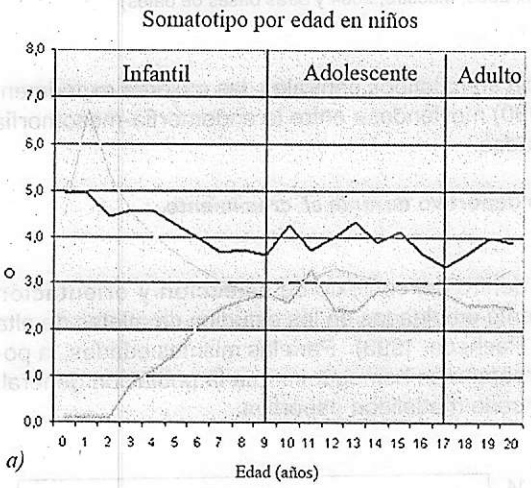


Figura 7.35.a. Evolución del somatotipo durante el crecimiento. Niños

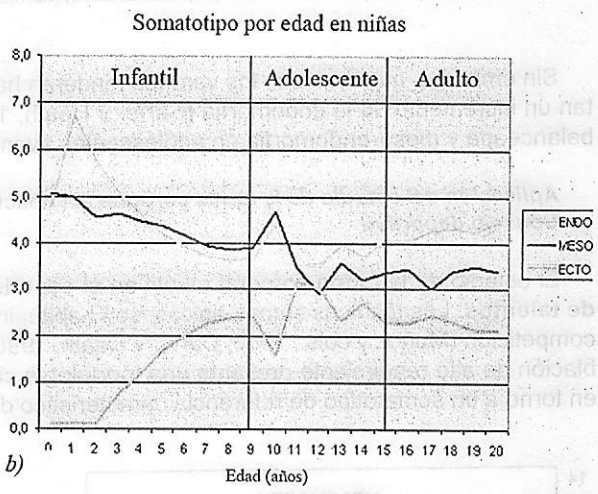


Figura 7.35.b. Evolución del somatotipo durante el crecimiento. Niñas

Existen distintas opiniones acerca de la forma en la cual puede cambiar el somatotipo durante el crecimiento. Carter y Heath (1990) proponen el cálculo y representación de las **distancias migratorias del somatotipo** para conocer por medio de estudios longitudinales la forma en que va variando el somatotipo medio en ambos sexos con los distintos segmentos de edad. Para algunos autores, el **dimorfismo sexual,** que empieza a ser evidente a partir de edades prepuberales, se refleja en edades anteriores sólo en un discreto cambio del somatotipo medio, en el que para todas las edades se encuentra un mayor mesomorfismo en varones (Marrodán, 1990).

Otros autores han señalado cambios importantes, sobre todo en lo que respecta a la **dominancia** de las componentes. Muchos coinciden en que los cambios son más o menos intensos en función del segmento de edad estudiado, y en que la variación de los tres componentes durante la adolescencia, especialmente de la endomorfia, contribuyen a explicar el dimorfismo sexual (Rosique, 1992).

El análisis de la migración somática entre 0 y 18 años muestra cómo la tendencia general durante el crecimiento es el aumento de la ectomorfia hasta la adolescencia en ambos sexos.

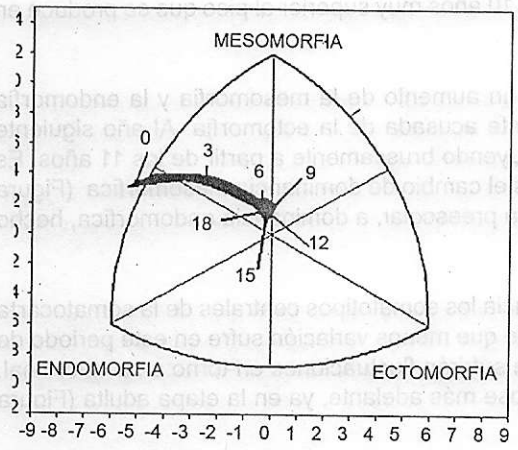


Figura 7.36.a. Migración somática durante el crecimiento. Niños

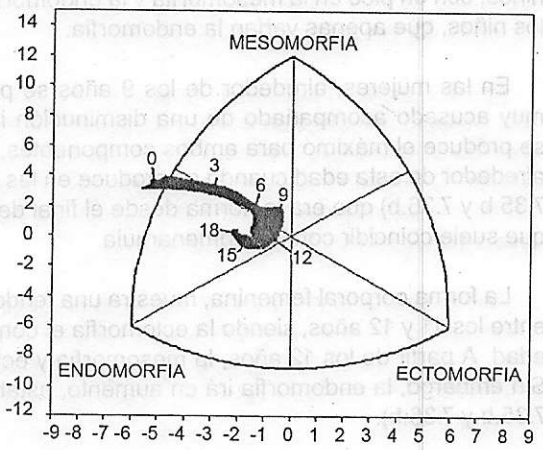


Figura 7.36.b. Migración somática durante el crecimiento. Niñas

Se ha empleado el método de las medias móviles, con periodo de 3 años, definiendo la anchura del trazado en función de la Desv. Est. para cada edad. (Lapunzina, 2002; Marrodán, 2003; Maestre, 2004 y otras bases de datos)

Sin embargo, mientras que los varones tenderán hacia somatotipos centrales, las mujeres experimentan un incremento de la endomorfia (Carter y Heath, 1990) moviéndose entre la endomorfia-mesomorfia balanceada y meso-endomorfia en adolescentes avanzadas.

Aplicación del estudio de la forma corporal al* impacto deportivo *durante el crecimiento. Consejo deportivo

El estudio de la forma corporal es útil en el deporte dentro del contexto de **selección y orientación de talentos.** Las técnicas somatotípicas, son habitualmente empleadas en los estudios de atletas de alta competición (Muñoz y cols., 1986; Carter y Heath, 1990; Pacheco, 1993). Para las mismas edades, la población de alto rendimiento presenta una morfología corporal más homogénea que la población general, en torno a un somatotipo de referencia característico de cada modalidad deportiva.

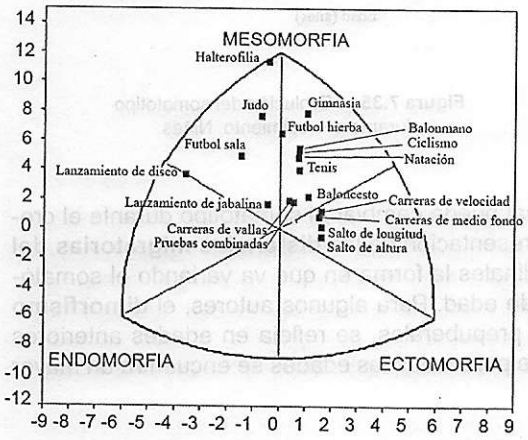


Figura 7.37.a. Representación de los somatotipos medios de referencia en deportistas de élite de diversas modalidades deportivas. Masculinos

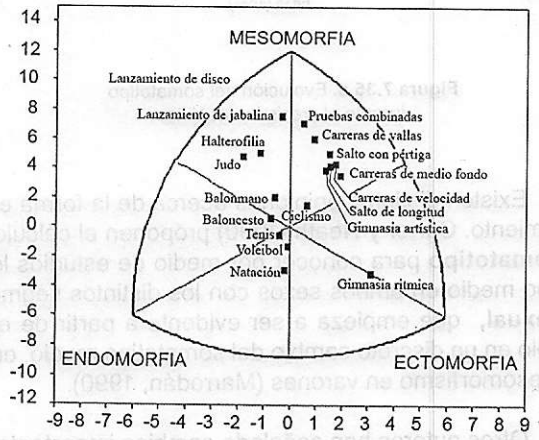


Figura 7.37.b. Representación de los somatotipos medios de referencia en deportistas de élite de diversas modalidades deportivas. Femeninos

Manual de Cineantropometría (1993)

Los estudios de somatotipo, en el contexto deportivo, ponen de manifiesto que **los deportistas presentan en general una mayor mesomorfia que los no deportistas,** que presentan unos valores más elevados de su endomorfia, independientemente del sexo (Pacheco, 1993).

Existen trabajos realizados en población no deportista en crecimiento, que demuestran cambios en el somatotipo durante la actividad física, aunque no se practique con la intensidad del deporte de alta competición (Prazikova y Carter, 1976), en el mismo sentido que en población deportista adulta. En un estudio realizado en una muestra de adolescentes que realizaban deporte extraescolar en un grado medio de actividad física, en comparación con una muestra sedentaria, se encontró que los somatotipos medios por edad son mayoritariamente endomórficos-mesomórficos, en deportistas y centrales en controles. Se observó que los varones que practicaban deporte extraescolar mantenían altas mesomorfias durante el rango de edad estudiado, y en el caso de las chicas deportistas, ectomorfias aproximadamente constantes, con tendencia a la endopenia y mesopenia en contraposición a las adolescentes control, que mostraban una tendencia ectopénica hacia edades avanzadas, dando la impresión, que los somatotipos femeninos próximos al modelo masculino están más representados en mujeres adolescentes deportistas que en controles (Maestre, 2004).

La similitud somatotípica entre un individuo y su somatotipo de referencia puede suponer una mayor probabilidad de lograr el éxito deportivo y una menor probabilidad de lesión durante la ejecución del gesto deportivo. Basándonos en esta premisa, el estudio de la forma corporal, en el contexto de la actividad física durante el crecimiento, puede fundamentar varias líneas de investigación, aparte de las aplicaciones generales del somatotipo al ámbito del deporte (véase capítulo 15: *Cineantropometría y rendimiento deportivo*), resultando una herramienta de extraordinario valor en el consejo deportivo.

De una parte, la similitud de un individuo joven con el referente de élite para el deporte que desea practicar, puede arrojar información acerca de su proyección deportiva y orientar hacia el deporte para el que está más preparado, en el que obtendría mayor rendimiento y sufriría menos lesiones por su predisposición constitucional; u orientar su entrenamiento para aproximarse al deporte que desea, si su somatotipo no se corresponde con aquel (Maestre, 2004). De otra parte, si el individuo desea practicar una modalidad deportiva con la que muestra diferencias somatotípicas respecto a su modelo de referencia, el estudio del somatotipo puede ayudar a identificar las deficiencias susceptibles de cambio mediante la modificación de determinados hábitos (Carter, 1984; Carter, Aubry y Sleet, 1982).

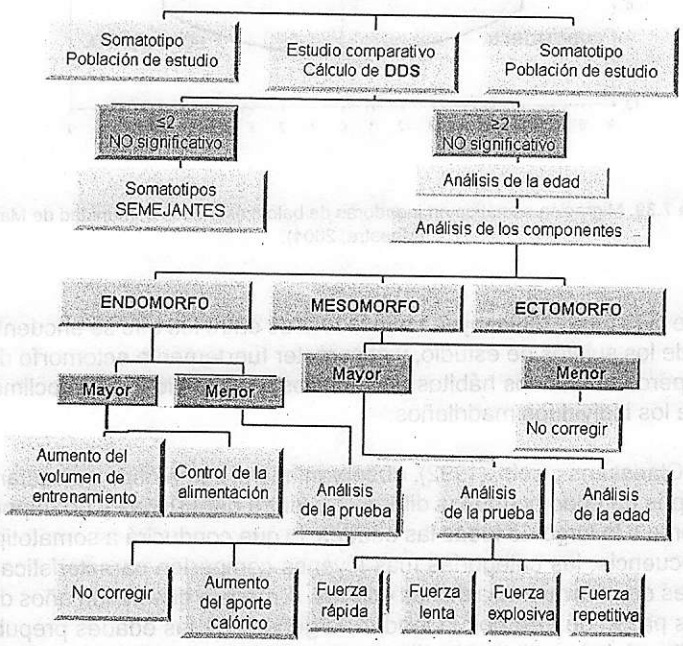


Figura 7.38. Algoritmo para orientar el entrenamiento en función del análisis individual de cada componente y de la distancia de dispersión del somatotipo (SDD) encontrada. (De Rose y Guimaraes, 1980)

Liu y cols. (1989) analizaron los somatotipos de niñas deportistas y no deportistas en edades prepuberales y observaron que las niñas que practican un deporte, tendían hacia la meso-ectomorfia, mientras que las que no hacían deporte se situaban en la zona meso-endomórfica. Estos resultados concuerdan con los hallados por Claessens y cols. (1992) en gimnastas entre 13 y 19 años.

El estudio de la migración somática puede poner de manifiesto el efecto de determinadas circunstancias que actúan sobre el somatotipo en un periodo de tiempo concreto. En una muestra de jugadoras de baloncesto de la comunidad de Madrid, con edades comprendidas entre los 10 y los 15 años (Maestre, 2004) se obtuvo la migración somática reflejada en la Figura 7.27.

Según este análisis, entre los 10 y 11 años las niñas deportistas mantienen unos somatotipos muy parecidos a los correspondientes a los estándares por edad, es decir, mesomorfos-endomorfos. Sin embargo, entre los 12 y 13 años, cuando en los estándares se produce el inicio del aumento de la mesomorfia, estas niñas mantienen la tendencia de aumento de la ectomorfia, conduciendo la migración somática hacia somatotipos centrales. Finalmente, entre los 14 y 15 años se produce el aumento de la endomorfia, natural en esta etapa de crecimiento en mujeres, de tal forma que a los 15 años muestran el característico somatotipo endomesomorfo. Estos resultados coinciden con otros estudios realizados (Marrodán, 1990), que muestran una tendencia al predominio mesomórfico en edades prepuberales, seguido de la ectomorfia y endomorfia, en proporciones similares a las descritas en varones para estas edades.

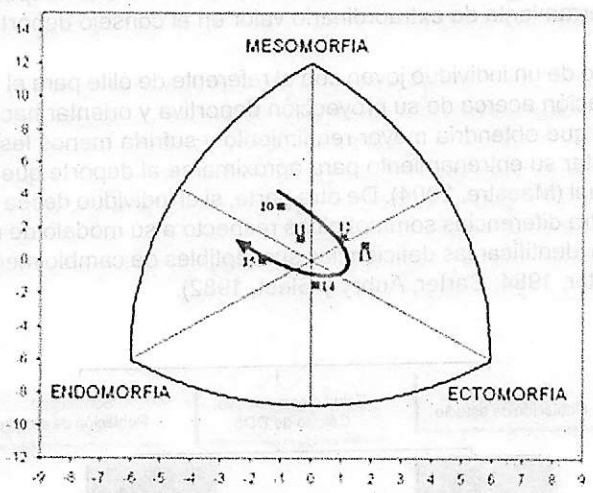


Figura 7.39. Migración somática en jugadoras de baloncesto de la comunidad de Madrid (Maestre, 2004).

En los resultados de la Figura 7.39 influyen varios factores entre los que se encuentran, en primer lugar, el carácter deportista de los sujetos de estudio, y el carácter fuertemente ectomorfo de la práctica de este deporte (baloncesto); pero también los hábitos alimenticios, las condiciones geoclimáticas y la condición fuertemente urbana de los individuos madrileños.

Liu y cols. (1989) y Claessens y cols. (1992), observan que el somatotipo es bastante homogéneo dentro de los distintos grupos de edad, y que las diferencias entre deportistas y no deportistas se mantienen de manera casi constante a lo largo de todas las edades, lo que conducirá a somatotipos distintos en edades adultas. En consecuencia, las categorías más jóvenes comparten características somatotípicas con los estándares normales de crecimiento a dichas edades. A medida que pasan años de entrenamiento deportivo los somatotipos pasan de describir la tendencia general de las edades prepuberales, a comenzar a definir un patrón similar al de los atletas de élite que practican las mismas disciplinas deportivas, lo cual implica la actuación conjunta de la predisposición genética y la modulación del medio ambiente. Al mismo tiempo, el estudio de la forma corporal puede comportarse como un indicador de madurez.

Sin embargo, existe la hipótesis de que las diferencias entre deportistas y no deportistas, en lo que concierne al somatotipo o al menos a la tendencia somatotípica del individuo, se estabilizan ya antes del proceso de la pubertad, y pueden ser debidas a un efecto de la selección para la práctica deportiva.

Carter y Heath (1990) confirman estas afirmaciones, indicando que los chicos de somatotipo predominantemente mesomórfico realizan más actividades físicas que los de otras tipologías. La práctica del deporte va a ser pues favorecida por tipologías determinadas que, en todo caso, pueden ser ligeramente modificadas por la práctica deportiva, puesto que el entrenamiento intenso favorece la disminución de la grasa corporal y la hipertrofia muscular, provocando una disminución de la endomorfia y un aumento de la mesomorfia.

Con el fin de aclarar lo expuesto anteriormente se expone la Tabla 7.2 en el Anexo III al final del libro.

Somatotipo y composicion corporal

La relación entre el somatotipo y la composición corporal es evidente y ha sido ampliamente estudiada por varios autores. Esto es posible porque la variabilidad de la forma corporal resulta de su composición tisular (Rebato y Rosique, 2003):

- Cuando predomina el tejido graso, el tronco se redondea y las extremidades adquieren un aspecto cilíndrico.
- El tejido muscular proporciona la forma del segmento superior del tronco y las partes proximales de las extremidades.
- El desarrollo conjunto del tejido graso y muscular pueden proporcionar un aspecto corpulento. Si estos dos tejidos no están muy desarrollados el cuerpo adquiere un aspecto lineal.

Varios estudios muestran una relación proporcional entre endomorfia y porcentaje graso, y la mesomorfia con el peso magro (Dupertuis, Pitts, Osserman, Welham y Behnke, 1951; Carter y Phillips, 1969; Wilmore, 1970; Slaughter y Lohman, 1976; Alvero, Fernández, Fernández, Diego y García, 1992).

El análisis de la forma corporal tiene una gran importancia epidemiológica. El estudio de la asociación entre los componentes del somatotipo y los modelos extremos de distribución de la grasa (central o periférica) proporcionan la posible identificación de grupos de riesgo para ciertas enfermedades cardiovasculares, arteriosclerosis coronaria y diabetes mellitus no insulinodependiente, asociadas a la obesidad central. (Bouchard, 1992).

Durante el crecimiento, en el caso de los sujetos de peso normal y en el caso de jóvenes con sobrepeso u obesidad, la tendencia a poseer una distribución central de la grasa corporal (acúmulo preferente de grasa en tronco y abdomen), es considerado como un factor predisponente para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas de la edad adulta (Rebato y Rosique, 2003).

En una serie analizada por Rosique y cols. (1994), se encontró que los sujetos con depósito central de grasa en ambos sexos son endo-mesomórficos (por ejemplo 7-5-1) o meso-endomóficos (4-5-2), mientras que, en los sujetos con distribución periférica de la grasa corporal, adquiere más relevancia la ectomorfia.

Percepción de la autoFigura corporal

La Figura corporal integra aspectos perceptivos, cognitivos y afectivos de cómo representamos internamente nuestros propios cuerpos y el cuerpo de los demás, apareciendo la actitud mental de comparar ambos "modelos". Convertimos una realidad objetiva en una percepción subjetiva. *La Figura corporal es una construcción multidimensional que describe ampliamente las representaciones internas, subjetivas de la apariencia física y experiencia corporal.*

La antropometría proporciona herramientas para cuantificar de forma objetiva nuestro tamaño y forma corporales con el tamaño y forma de los otros. Cada persona compara la representación que tiene de su propio cuerpo con la que tiene del de los demás. La congruencia o incongruencia entre ambas percepciones, da origen a actitudes y comportamientos personales e interpersonales (ejercicio, dieta,...) influidas, a su vez, por otros factores moduladores como el sexo, la edad o el entorno sociocultural.

El cálculo del somatotipo y la composición corporal son herramientas altamente objetivas para la evaluación de la Figura corporal. Nuestra percepción, sin embargo, depende también de factores subjetivos, por lo que no todas las medidas antropométricas tienen la misma trascendencia en la valoración de nuestra autofigura. La selección de variables antropométricas debe reflejar las dimensiones corporales que son trascendentes para nuestra autoFigura.

Se ha demostrado que los cocientes entre perímetros y diámetros, especialmente tórax/cintura y cintura/cadera, el somatotipo (Tuker, 1983) y la distribución regional de la grasa, son dimensiones importantes de nuestra Figura corporal.

Entre los factores externos que modulan la percepción de nuestros propios cuerpos y de los cuerpos de los demás, destacan la edad, el sexo, la influencia de los medios de comunicación y la influencia del medio sociocultural.

Desde edades tempranas, el atractivo físico está íntimamente ligado a la autoestima. Las mujeres son más susceptibles que los hombres a intentar igualar sus propios valores con su Figura corporal. En general, las mujeres se sienten más insatisfechas que los hombres con su propia Figura, decantándose en sus gustos por un somatotipo decididamente ectomórfico, con una distribución más andrógénica de la grasa, preferencia por las caderas estrechas y muslos delgados. Tienden a desear disminuir su masa grasa. Esta preocupación por la autofigura es especialmente importante para ambos sexos durante la adolescencia.

Los varones, aún no siendo tan "exigentes" con su Figura corporal como las mujeres, también muestran inquietud por el aumento de peso, y se decantan hacia somatotipos fuertemente mesomórficos. Tienden a desear aumentar su masa muscular. Sus centros de preocupación y cuidado son los que implican a la musculatura del hemicuerpo superior.

Para ambos sexos, la adolescencia es una etapa altamente influenciable por el medio sociocultural. Los prototipos de belleza propuestos por los medios de comunicación se convierten en modelos a intentar imitar, en un momento del desarrollo en que cada individuo necesita encontrar su propia identidad.

También los deportes y la educación proporcionan modelos para comparar nuestra Figura. La dieta y el ejercicio están desproporcionadamente promovidos entre las mujeres y adolescentes como medios para lograr un ideal que progresivamente se ha vuelto más delgado. La disconformidad corporal hace que hombres y mujeres hagan dieta y ejercicio, pero estos comportamientos pueden no modificar los factores anatómicos que influyen en el grado de descontento.

Por ejemplo, los diámetros óseos, que no se modifican drásticamente con el ejercicio están asociados con la insatisfacción (Davis, 1990); se destacó en concreto la importancia que tiene para la insatisfacción corporal el diámetro biileocrestal en las mujeres. Esto se refuerza por el hecho de que hay estudios que demuestran que los hombres deciden sobre el atractivo sexual de las mujeres en función de las medidas de los glúteos y cadera más que del pecho.

El mismo grado de insatisfacción puede conducir a actitudes diferentes en función del sexo, por ejemplo, las mujeres están más dispuestas a hacer dieta y ejercicio que los hombres; a diferencia de ellas, la identificación de modelos a imitar impulsa más a los hombres que a las mujeres a incrementar su actividad física, dando menos importancia a la dieta.

Todos estos factores influyen en la autoFigura y en la autoestima especialmente en las edades adolescentes. Se han hecho varios estudios transversales para comparar poblaciones activas y no activas y tratar de elucidar los mecanismos que conducen a la práctica o al abandono de las actividades deportivas. Los datos longitudinales serían importantes para esclarecer si las incongruencias en la figura corporal preceden a la práctica del ejercicio de forma regular, y si las mismas se exacerban o reducen con el ejercicio (Séller Kay, 2000).

Bibliografía

- Alvero JR, Fernández VJ, Fernández JM, Diego AM, García JC. *Correlaciones cineantropométricas entre sujetos deportistas y sedentarios.* Apunts Medicina del Esport. 1992. 29: 283-289
- Amador M, Rodríguez C, Gonzáles ME. Somatotyping as a tool for nutritional assessment in preschool children. *Anthropologiai Kozlemenyek* 1983. 27: 109-118.
- Bodzsar EB. *The Bakony Growth Study.* Budapest: Humanbiologia Budapestinensis. 1991.
- Borms J, Hebbelinck M, Carter JEL, Ross WD (1977). Somatotype and skeletal maturity in twelve years old boys. En: Bar-Or, OG. *Pediatric work Physiology.* Proc. IV th Int. Symp. Israel. Wingate Inst. Phys. Ed. And Sport. 1973. 85-91.
- Borms J, Hebbelinck M, Van Gheluwe B. Early and late maturity in belgian boys, 6 to 13 years of age and its relation to body type. En: Eiben, O.G. *Growth and development physique.* Budapest: Hungarian Academy of Sciences 1977. 399-406.
- Bouchard C, Demirjian A, Malina RM. Heritability estimates of somatotype components based uponfamilial data. *Human Heredity.* 1980. 30: 112-118.
- Bustamante Valdivia A. *Estudio del crecimiento somático, somatotipo, composición corporal, edad morfológica y estado nutricional, del escolar entre 5,5 y 11,4 años, del Centro de Experimentación Pedagógica de la UNE.* Lima, Perú. Universidad Nacinal de Educación Enrique Guzmán y Valle. 2003.
- Carter JEL, Aubry P, Sleet DA. Somatotype of Montreal olympic athletes. En: Carter, JEL *Physical structure of olympic athletes. Part I, Medicine and sport science.* Karger, Basel. 1982. 25-52, 53-80.
- Carter JEL, Heath BH. Somatotyping. Growth and aging. En: Lasker, G.W., Mascie-Taylor, C.G.N., Roberts, D.F. *Cambridge studies in biological anthropology* 4. Cambrigde University Press. 1990. 4:141-180.
- Carter JEL, Heath BH. Somatotyping. Sport and physical performance. En: Lasker, G.W., Mascie-Taylor, C.G.N., Roberts, D.F. *Cambridge studies in biological anthropology* 6.Cambrigde University Press. 1990: 199-290.
- Carter JEL, Heath BH. Somatotyping. Development and applications. En: Lasker, G.W., Mascie-Taylor, C.G.N., Roberts, D.F. *Cambridge studies in biological anthropology,* 5. Cambridge University Press, New York. 1990.
- Carter JEL, Parizkova J. Changes in somatotypes of European males between 17 and 24 years. *Amer J Phys Anthrop* 1978. 48, 2: 251-254.
- Carter JEL, Phillips WH. Structural changes in exercising middleaged males during a 2 years period. *J Appl Phys* 1969. 27: 787-794.
- Carter JEL, Rienzi EG, Gómes PSC, Martin A. Somatotipo y Tamaño Corporal. En: Rienzi EG, Mazza JE, Carter JEL Reilly T. *Futbolista Sudamericano de Elite: Morphologia, Analisis del Juego y Performance.* Rosario, Argentina: Biosystem Servicio Educativo. 1998. 64-77.
- Carter JEL, Ross WD, Aubry SP, Hebbelinck M, Borms J. Anthropometry of Montreal olympic athletes. En: Carter JEL. *Physical structure of olympic athletes. Part I: The Montreal olympic games anthropological project, Medicine and Sport Science,* 16. Basel: Karger. 1982. 25-52.
- Carter JEL, Ross WD, Duquet W, Aubry SP. *Advances in somatotype methodology and analysis.* Yearbook of Physical Anthropology. 1983. 26: 193-213.
- Carter JEL. Somatotypes of olympic athletes from 1948 to 1976. En: Carter JEL. *Physical structure of olympic athletes. Part II. Kinanthropometry of olympic athletes. Medicine and sport science.* Karger, Basel, 1984. 80-109.
- Carter JEL. Somatotyping. En: Norton KI, Olds T. *Anthropometrica.* University of New South Wales Press. Sydney. 2000. 147-170.
- Carter JEL. *The Heath-Carter somatotype method.* San Diego. San Diego State University. 1975.
- Chovanova E, Bergman P, Stukovsky R. Genetics aspects of twins somatotypes. 2° Congess of European Anthopological Association. Brno. Czechoslovakia. 1980.
- Chovanova E, Bergman P, Stukovsky R. Genetics aspects of somatotypes in twins. *Modern Man Anthropos (Brno).* 1982. 22: 5-12.
- Claessens A, Beunen G, Simmons J. Stability of anthroscopic and anthropometric estimates of physique in Belgian boys followed longitudinally from 13 to 18 years of age. *Ann Hum Biol* 1986. 3:235-244.
- Claessens AL, Malina RM, Lefevre J, Beunen G, Stijnen V, Maes H, Veer FM. Growth and menarcheal status of elite female gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1992. 24, 7, 755-763.
- Davies BN. The relationship of lean limb volume to performance in the handgrip and standing long jump test in boys and girls, aged 11,6-13,2 years. *Eur J Appl Physiol,* 1990. 60, 2: 139-143.
- De Garay AL, Levine L, Carter JEL. *Genetic and Anthropological Studies of Olympic Athletes.* Academic Press, New York. 1974.

- De Rose EH, Guimaraes ACA. Model for optimization of somatotype in young athletes. En: Ostyn M, Bremen G, Simons J. *Kinanthropometry II.* University Park Press, Baltimore. 1980. 222.
- Dupertuis CW, Pitts GC, Osserman EF, Welham WC, Behnke AR. Relation of specific gravity to body build in a group of healthy men. *Journal of Applied Physiology* 1951. 3: 676-680.
- Duquet W, Carter JEL. Somatotyping. En: R. Eston R, Reilly T. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests procedures and data.* 2nd Ed. 2001. 2: 47-64
- Duquet W, Hebbelinck M, Borms J. Somatotype distributions of primary school boys and girls. En: *Proceedings of the 18th International Congress of the International Council on Health Physical Education and Recreation* ed. D. Schmull. The Jan Luiting Foundation Zeist The Netherlands. 1975. 326-334
- Eiben OG. The Kormend Growth Study: Somatotypes. En: Eiben OG. *Physique and Body Composition* vol. 16 ed. Humanbiologia Budapestinensis.1985. 37-52.
- Esparza F, Alvero JR. *Somatotipo. Grupo Español de Cineantropometría GREC. Manual de Cineantropometría.* Monografías FEMEDE. Pamplona. 1993. 67-93.
- Esparza F. Determinación del somatotipo y composición corporal durante el crecimiento. En: *Niño Adolescente y Deporte: "Ortopedia y Traumatología".* FEMEDE I. 1990. 2: 44-55.
- García P, Salazar L. Edad esquelética y edad morfológica en jóvenes nadadores. An Ven Nutr 2000. 14: 9-14.
- Heath BH, Carter JEL. A comparison of somatotype methodology. *American Of Physical Anthropology* 1966. 24 1: 87-89.
- Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthrop.* 1967. 21: 227-233.
- Heath BH, Carter JEL. Growth and somatotype patterns of Manus children territory of Papua and new Guinea: application of a modified somatotype method to the study of growth patterns. *Am J Phys Anthrop* 1971. 35 1: 49-67.
- Heath BH. Need for modification of somatotype methodology. *A S Phys Anthrop* 1963. 21: 227-233.
- Hebbelinck M, Carter JEL, De Garay AL. A body built and somatotype of olympic swimmers. En: Lewille Clays JP. *Swimming. Vol. II.* Baltimore: University Park Press. 1975.
- Hebbelinck M, Duquet W, Ross WD. A practical outline for the Heat - Carter somatotype method applied to children. En: *Pediatric work phisiology. Procedings Icth International Symposium.* Wingate Institute. Israel. 1973.
- Hebbelinck M, Duquet W. Applications of the somatotype attitudinal distance to the study of group and individual somatotype status and relations. En: Eiben OG. *Growth and Development: Physique.* Akademiai Kiado (Hungarian Academy of Sciences) Budapest. 1977. 377-384.
- Hebbelinck M, Ross WD. Kinanthropometry and biomechanics. En: Nelson RC, Morehouse CA. *Biomechanics IV.* University Park Press Baltimore. 1974. 537-552.
- Herrero de Lucas A. *Cineantropometría: Composición corporal y Somatotipo de los futbolistas que desarrollan su actividad física en equipos de la Comunidad Autónoma de Madrid.* Universidad Complutense de Madrid. España. 2005.
- Lapunzina P, Aiello H. *Manual de antropometría normal y patológica.* Masson. Barcelona. 2002.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes [tesis doctoral].* Universidad Complutense de Madrid. 2004. 451-532.
- Malina RM. *Growth and maturation: normal variation and effect of training. Perspectives in execise and sport medicine: Youth exercise en sport.* 1989. 2: 223-273.
- Marrodán MD. Cambios somatotípicos durante el crecimiento humano. *Bol Soc Esp Antropología Biológica* 1990. 11: 7-21.
- Marrodán MD. Somatotypes in Spanish children. *International Journal of Anthropology.* 1991. 6, 3: 257-265.
- Milne DC. Comparision of somatotipes body composition and age at menarche of age-group and olympic swimmers En: Bodzsár EB, Susanne C. *Studies in Human Biology.* Budapest: Eötvös Univ. Press. 1996. 303-309.
- Orvanová E. Somatotypes of weight lifters. *Journal of sports Sciences.* 1990. 8:119-137.
- Pacheco JL, Rosique J, Rebato E. A somatotypical study of the geographic variations between two spanish populations. *Anthrop Anz* 1990. 48, 3: 279-287.
- Pacheco JL. *Antropometría de los atletas españoles de elite [tesis doctoral].* Departamento de Biología Animal I. Sección de Antropología. Facultad de Ciencia Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. 1993.
- Pacheco JL. *Cambios somatotipológicos durante la edad prepuberal: Un estudio longitudinal.* IV Jornadas Nacionales de Medicina en Atletismo. Cuardeno Technicos del Deporte 8. 1986.
- Pacheco JL. La proporcionalidad corporal. En: Esparza F. *Manual de cineantropometría.* Monografías FEMEDE. Pamplona. 1993. 95-112.
- Pancorbo AE, Rodríguez C. *Somatotype of high performance junior female swimmers.* Boletin Cientificotecnico Inder Cuba. 1986 1, 2: 30-35.
- Parnell RW. *Behavior and Physique.* Edward Arnold. London. 1958.
- Parnell RW. Somatotyping by physical anthropometry. *American Journal of Physical Anthropology.* 1954. 12:209-239.

- Pérez B. *Perfil Biológico y nutricional de los nadadores del estado de Miranda.* Universidad Central de Venezuela. Caracas. 2004.
- Pérez BM, Cartillo TL, Brief FK. *Características somatotípicas asociadas con la edad y el sexo en un grupo de escolares venezolanos.* Serie 1 Antropología. FACES/UCV. Caracas. 1986 7-34.
- Pérez BM. *Análisis nutricional antropométrico: una encuesta de salud entre grupos de la Amazonia venezolana.* FACES/UCV. Caracas. 1989.
- Prazikova J, Carter JEL. Influence of physical activity on stability of somatotypes in boys. *Am J Phys Anthop* 1976. 44: 327-40.
- Rebato E, Rosique J, González A. Somatotypes of 14 to 19 years old urban boys and girls from Bilbao Basque Country. *Anthrop Anz* 1996. 54, 2: 135-147.
- Rebato E. *Variaciones del somatotipo con la actividad fisica en adolescentes bilbainos. Datos preliminares.* Kobie Serie Ciencias Naturales. Bilbao. 1994. XXII: 33-40.
- Rebato E, Rosique J. *Empleo de métodos multivariados en el estudio de los patrones de distribución de grasa: el análisis de los componentes principales.* Enfermería Científica. 1995. 158-159 :81-84.
- Rebato E, Rosique J. *Estimation de la forme corporelle: le somatotype. Methologogie.* 2003. 6: 103-108.
- Rebato E, Rosique J. *Morfología corporal y estructura somatotipica en poblacion vasca.* Cuadernos do Sección. Antropología-Etnografía. 1994.11: 241-258.
- Rodríguez C, Sánchez G, García E, Wong I. Índice peso-talla.¿Evaluador nutricional?. *Rev Cub Ped* 1982. 54:77-87.
- Romero JF, Marrodán MD, Fuster V. Cineantropometría en un grupo de ciclistas españoles de competición. *Revista Española de Antropología Biológica.* 1994. 15: 5-14.
- Rosique J, Rebato E, González A, Pacheco JL. Somatotype related to centripetal fat patterning of 8 to 19 years old Basque boys and girls. *American Journal of Human Biology* 1994. 6, 2: 171-181.
- Ross WD, Bailey DA, Weese CH. Proportionality in interpretation of longitudinal metabolic function data on boys. En: Lavallee H. Shepard R. ed.. *Frontiers of Activity and Child Health.* Quebec. Pelican. 1977. 225-235.
- Sheldon WH, McDermoth E. *Atlas of men.* Harper and Brothers, New York. 1954.
- Sheldon WH, Stevens SS, Tucker WB. *The varieties of human physique.* Harper New York. 1940.
- Sheldon WH. *The somatotype the morphophenotype and the morphogenotype. Cold springers harbor symposia on quantitative biology.* 1951. 15: 373-382.
- Singh SP, Sidhu LS. Chanes in somatotypes durning 4 to 20 years in Gaddi Rajput boys. *Z Morph Antrop* 1980. 71: 285-293.
- Slaughter MH, Lohman TC. Relationship of body composition to somatotype. *American Journal of Physical Anthropology.* 1976. 44: 237-244.
- Szmodis I. Physique and growth estimated by Conrad's and Heath-Carter's Somatocharts in athletic children. En: Eiben O. *Growth and Development: Physique.* Akademiai Kiado Hungarian Academy of Sciences. Budapest. 1977. 407-415.
- Tanner JM. Human growth and constitution. En: Harrison GA, Werner JS. *Human Biology 3ª ed.* Oxford University Press. Oxford. 1988.
- Toselli S, Gruppioni G. Study of somatotyoe in italian children ages 6 to 10 years. *International Journal of Anthropology.* 1999 2-3 Pt 14: 135-146.
- Tucker LA. Self-concept: a function of self-perceived somatotype. *Journal of Psychology.* 1983. 113: 123-133.
- Walquer TN. Pre-school physyque and late adolescent somatotype. *Ann Humm Biol* 1978. 5: 113-129.
- Wilmore JH. Validation of the first and second components of the Heath-Carter modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology* 1970. 32: 369-372.

UNIDAD III

Áreas de estudio

Capítulo 8. COMPOSICIÓN CORPORAL

8.A. Composición corporal.
Adiposidad corporal y su distribución
8.B. Los métodos bioeléctricos
para la valoración y el control
de la composición corporal
8.C. Aplicación del concepto
de composición corporal al deporte

8.A.1. I

El s
mica o p
pública,
endo ir
cienc
ejemplo
sueñe a
y col: 2

El pr
estra s
efect
bos tipo
meras e
y mo il

Los r
tante no
por c ic
enfer..e
ta factor
litera a
varia ɔi

Vario
gran r
del g e
ta a una

As c
displ si
las difer
adipo d
una c ic
ninas; es
específic

C ic
aún en
Pero ade
madu ic
mina s

As s
como ic
riesgo, p
índices c
esta ar
lesce e

8.A. Composición corporal. Adiposidad corporal y su distribución

Betty Méndez de Pérez

8.A.1. Introducción

El estudio de la adiposidad corporal y su distribución, conocida esta última como distribución anatómica o patrón de grasa, ha pasado a ser en los últimos años un aspecto importante dentro de la salud pública, debido a que se ha asociado con factores de riesgo en diferentes enfermedades metabólicas y endocrinas como la diabetes mellitus, especialmente no insulino dependiente, cardiovasculares, insuficiencia coronaria e infartos de miocardio, hipertensión arterial o enfermedades circulatorias como por ejemplo las varices, patologías respiratorias o con afectación a distancia como el síndrome de apnea del sueño, así como también, diferentes tipos de cáncer (Baumgartner y cols. 1990, Mokad y cols. 2003; Calle y cols., 2003; Méjean, 2007).

El problema de la obesidad, abarca un gran espectro de la población de diferentes edades, sexos y estratos sociales, se ha incrementado en los países occidentales, pero también en aquellos que sufren los efectos de una transición alimentaria nutricional (Popkin, 2003; Lobstein y cols., 2004) adquiriendo en ambos tipos de sociedades, proporciones epidémicas. Sus consecuencias, además de reflejarse en las primeras edades de la vida, constituyen por otra parte, un factor de riesgo en el incremento de la morbilidad y mortalidad prematura durante la etapa adulta. (Rolland-Cachera y cols., 2002; Must y Strauss, 1999).

Los resultados de las investigaciones iniciadas entre otros por Vague, en 1956 sugieren que lo importante no es sólo la cantidad total de adiposidad corporal, sino el sitio donde se acumula. Las mujeres, por condición genética, tienen mayor cantidad de grasa que los hombres, pero estos sufren más de las enfermedades asociadas con la misma. Este autor fue el primero en sugerir que el sexo femenino presenta factores de protección porque tiene una distribución de grasa diferente al hombre. De igual manera la literatura informa que aunque la grasa ubicada en el tejido subcutáneo cubre el cuerpo en su totalidad, la variación de esta característica es diferente de acuerdo al sitio anatómico que se considere.

Varios investigadores han señalado que los patrones de distribución de la adiposidad presentan una gran variación interindividual, las cuales emergen como una respuesta a la variabilidad biológica producto del género o sexo, ciclo de vida del individuo, influencia genética e inclusive surge también como respuesta a una adaptación climática (Johnston 1988; Jones y White 1994; Kirchengaast; y Marosi, 2008).

Asociado con el problema de la distribución de la adiposidad, es importante considerar el término **displasia**, el cual se refiere a la existencia de un patrón de grasa desproporcionado que se presenta en las diferentes regiones del cuerpo en un mismo individuo. Las mujeres, por norma general, tienen una adiposidad más marcada hacia la parte inferior del cuerpo; es el Síndrome de Venus, caracterizado por una concentración de la adiposidad en caderas y muslos, atribuidos a la acción de las hormonas femeninas; es lo que muchos estudiosos de la composición corporal han denominado como la grasa sexual específica (Pérez, 1998).

Como se comentó anteriormente, la adiposidad relacionada con factores cardiovasculares y diabetes aún en edades tempranas, ha sido reseñada por varios investigadores, entre ellos Gutin y cols., 1994. Pero además, un número apreciable de estudiosos de la materia ponen el acento en la importancia de la maduración sexual como elemento fundamental en la distribución de la grasa y su asociación con determinadas patologías.

Así se ha encontrado que antes de la pubertad, la adiposidad per se o una variable de corpulencia, como por ejemplo el índice de masa corporal, o la circunferencia de cadera, se asocia con factores de riesgo, presión arterial, colesterol total entre otros. Pero una vez que se alcanza la maduración sexual, los índices de distribución de la grasa tienen importancia como factores que predicen esta característica. De esta manera, por ejemplo, varios autores han encontrado que la distribución de grasa abdominal en adolescentes se asocia con factores de riesgo cardiovascular (Cabrera y cols., 1995, Pérez y cols., 2000).

De estos hallazgos se desprende entonces que otro aspecto relevante en relación a la distribución de la adiposidad, y que ha sido reseñado en la literatura, tiene que ver con las variaciones en la distribución del tejido adiposo de acuerdo a la maduración del niño y adolescente. A este respecto, se ha encontrado que la relación subescapular/tríceps, se estabiliza en las niñas y se incrementa en los varones, debido al aumento del depósito de grasa en la región del tronco y a la disminución de la acumulación de grasa de las extremidades, (Malina y cols., 1999). Este fenómeno de la maduración, como quedó demostrado por Hammer y cols., 1991, afecta significativamente de igual manera, a la circunferencia de la cadera y a la relación cintura/cadera en las adolescentes.

8.A.2. Metodología

Los estudios de composición corporal en relación al tejido graso se han analizado tomando en consideración dos puntos de vista: cuando se considera la adiposidad general, y más recientemente cuando los individuos son estudiados en función de la distribución o patrón. En relación a este último, existen dos patrones generales de distribución regional del tejido adiposo (Vague, 1956): ***ginoide***, caracterizado por la acumulación de grasa en la región glútea y femoral; y ***androide***, que se identifica por el acopio de grasa en la región abdominal. Sin embargo, a edades mayores puede presentarse una superposición del patrón de distribución en uno y otro sexo, e incluso, una tendencia hacia una redistribución centralizada de la adiposidad, especialmente marcada en las mujeres postmenopáusicas (Pancini y cols., 2008) También se han reseñado patrones caracterizados como ***central-periférico o tronco-extremidades***.

Adiposidad y patrón de distribución son dos cosas distintas, no hay por otra parte, una correlación necesariamente significativa entre ambas. De acuerdo a Martin y cols., 1990, para tener una idea acertada de la distribución, hay que utilizar el sumatorio de seis o más pliegues cutáneos ubicados en diferentes regiones del cuerpo. Esta aseveración se fundamenta en los análisis realizados en cadáveres, y sus recomendaciones van en el sentido de utilizar un protocolo de recolección de datos lo más amplio posible que tome en consideración tanto panículos adiposos del tronco como de las extremidades.

Se han utilizado distintos métodos para la evaluación de la composición corporal, los cuales se emplean en diferentes ciclos de vida del individuo, estos van desde los más sofisticados, que generalmente corresponden a métodos de laboratorio, de mayor costo, menor posibilidad de aplicación en diferentes edades y situaciones de trabajo de campo; hasta los mas sencillos, pero no por ello menos confiables, como el método antropométrico. Esta última herramienta que debe responder a las características de exactitud, precisión y confiabilidad, permite evaluar la grasa corporal y su distribución. Para definir y estimar el patrón de grasa, se utilizan diversas variables, así se pueden mencionar las circunferencias, los pliegues de tejido adiposo o las combinaciones de variables tales como peso, talla y circunferencias, con las que se establecen aproximaciones a la grasa corporal o índices.

Las razones para considerar los panículos adiposos, se fundamentan en que aproximadamente la mitad del contenido total de la grasa corporal está localizada en los sitios de almacenamiento ubicados directamente debajo de la piel, la cual está altamente correlacionada con la grasa total del cuerpo, aún sabiendo que se encuentra dentro de diversos tejidos como el muscular.

La elección entre utilizar pliegues o circunferencias en una investigación, va a depender de las características de la muestra con la que se trabaje. Por ejemplo, en un estudio realizado en obesas, se encontró que la circunferencia de la cintura predijo mejor el patrón de adiposidad superior; mientras que la circunferencia del muslo fue un mejor indicador del patrón de adiposidad inferior. (Johnston, 1988).

Diversos hallazgos indican que la distribución de la grasa centrípeta está genéticamente determinada, patrón este que puede estar presente desde la niñez, pero que se hace más evidente en la pubertad, y predispone a la enfermedad cardiovascular y a la diabetes mellitus tipo II. Esto hace indispensable la búsqueda de indicadores y patrones que contribuyan a la identificación temprana de individuos de riesgo, donde se les puede instaurar medidas preventivas.

El índice de centripetalidad (ICe) construido en base a los panículos adiposos, es un indicador que se ha utilizado para evaluar la distribución de la grasa corporal (Bouchard y Jonston, 1998, Campos y Macías de Tomei, 2003). Véase capítulo 9.2.).

A este respecto, Cronk y cols., 1983, utilizando este índice, describieron el patrón de ganancia prepuberal y la pérdida puberal de grasa (en especial de la grasa periférica de varones). Este patrón de modificación, que varía de acuerdo al sexo, ha sido descrito así mismo por Tanner y cols., 1975, Baumgartner y Roche, 1988; Malina y cols., 1999 y mas recientemente por Demarchi y cols., 2001, entre otros. De manera similar, el aumento del pliegue subescapular en niños y niñas y la disminución del pliegue de tríceps en los varones, aunado a la mayor acumulación de grasa centrípeta en el sexo masculino, ha sido valorado en una muestra longitudinal del estudio de Caracas. De esta investigación se desprende que el dimorfismo sexual con respecto a este comportamiento, evidencia un predominio femenino entre los 8 y 13 años en el Índice de Centripetalidad, mientras que se manifiesta con mayor fuerza, estadísticamente significativa, a partir de los 14 años en el sexo masculino (López-Blanco y cols., 1996).

El índice cintura-cadera (ICCad) también es de uso frecuente para estimar la distribución de la adiposidad abdominal, ya que proporciona información sobre la adiposidad tronco superior/tronco inferior. Se calcula tomando en consideración las circunferencias de cintura y cadera, aplicando su fórmula. Véase capítulo 9.2.).

Sin embargo, su validez como una medida de distribución de grasa abdominal ha sido cuestionada entre otros por Pouliot y cols., 1994 y Gutin y cols., 1994, para ser utilizada en prepúberes y púberes, ya que de acuerdo al criterio de estos investigadores, es un indicador de distribución de grasa muy débil durante estas etapas de desarrollo puberal. De igual manera, y en la misma línea de pensamiento, autores como Sangui y Mueller, 1991, en investigaciones realizadas con adolescentes y empleando la prueba estadística de paso a paso, encontraron que los indicadores sustentados en pliegues adiposos, resultaron más efectivos que la relación cintura/cadera, en la identificación de los problemas que se plantean en los estudios epidemiológicos relacionados con la morfología del cuerpo.

Cuando se utiliza el patrón de distribución central frente a distribución periférica, el cual evalúa sólo la grasa subcutánea mediante los pliegues de tejidos adiposos, algunos autores como Baumgartner y Roche, 1988 y Hattori y cols., 1987, opinan que esta distribución es capaz de identificar un gran porcentaje de variación de la distribución de la adiposidad, que alcanza hasta un 60% de la varianza, una vez que se han eliminado los efectos de la adiposidad total.

Basado en los hallazgos de asociación entre la circunferencia de cintura y riesgos cardiovasculares y metabólicos, se ha venido utilizando también con mayor frecuencia esta herramienta como un buen indicador de la adiposidad alojada en la región del tronco, hasta tal punto que la Asociación Europea para el Estudio de la Obesidad sugiere que se le considere como un buen estimador de la obesidad central en la práctica clínica diaria. Una de sus fortalezas radica en que apartando su alta correlación con variables que identifican sobrepeso generalizado como el índice de masa corporal, puede ser utilizada tanto en niños y adolescentes (Carmenate y cols., 2007), como en población adulta, reseñada por un número considerable de investigadores, entre ellos, Zhu y cols., 2002.

Un indicador igualmente recomendado para evaluar la distribución centrípeta de la adiposidad en niños, es la relación cintura/muslo (C/M) (Mueller y cols., 1990). Autoras como Zannolli y cols., 1995 y Mancera y cols., 1998, la han utilizado con este propósito; en sus investigaciones consideraron ± 2 desviaciones estándar como valor límite para detectar una distribución central de adiposidad. Véase capítulo 9.2.).

Como una alternativa para evaluar la distribución de la adiposidad, se podría sugerir el uso de la Escala 0, ya que con los ocho pliegues de tejido adiposo valorados en distintos sitios anatómicos que entran en su constitución, se evalúa de esta manera toda la estructura corporal, así se obtiene un perfil que sirve para caracterizar una población o hacer seguimientos individuales. (Ross y Marfell-Jones, 1991). Esta metodología ha sido de uso frecuente en el área de la cineantropometría con el fin de proporcionar un sistema satisfactorio para valorar el físico de manera individual, y reemplazar razones aritméticas, tablas y sistemas densitométricos.

Además de la grasa subcutánea, el tejido adiposo se acumula, aunque en proporciones más pequeñas y de más difícil acceso, en otros tres depósitos: tejidos intra e intermuscular, cavidad torácica y abdominal. La relación de este último depósito de grasa con los riesgos cardiovasculares ha propiciado el desarrollo y aplicación de nuevas metodologías, entre ellas se ha utilizado en tiempos mas recientes el ***índice de conicidad*** (IC) como una alternativa viable (Valdez, 1991, Valdez y cols., 1992, Mueller y cols., 1996), para el análisis de la distribución de grasa, específicamente la abdominal. (Véase capítulo 9.2.).

Aunque es necesario continuar la exploración de este indicador para lograr una validación satisfactoria, los hallazgos hasta ahora reseñados parecen indicar que captura una mayor variabilidad que la expresada por el índice cintura/cadera de acuerdo a los puntos atípicos de una muestra dada, caso concreto en adolescentes masculinos venezolanos. Por otra parte, los valores más altos de conicidad que señalan una distribución de grasa más centralizada, presentan una asociación con valores altos para el peso corporal en las adolescentes (Pérez y cols., 2002). Asímismo, se le considera como un mejor indicador de riesgo cardiovascular y diabetes en el sexo femenino, al explicar proporciones más altas de varianzas (Kyung y cols., 1989).

En fechas mas recientes, el interés de los investigadores enfocando sus trabajos con propósitos epidemiológicos, se ha dirigido a la validación de varios indicadores y al establecimiento de valores límite que mejor identifiquen la condición de sobrepeso, obesidad y distribución de grasa en poblaciones específicas. En esta búsqueda algunos autores han utilizado la metodología de las curvas ROC (*Receiver Operating Characteristics*), para establecer la sensibilidad y especificidad de distintos marcadores antropométricos, que categoricen tanto la adiposidad per se como la distribución de la masa grasa en niños, adolescentes y adultos. Este es un procedimiento estadístico con inicios en los años 50, pero que posteriormente se está empleando de manera frecuente en biomedicina para la evaluación de pruebas diagnósticas. (Marrodán y cols., 2008, Pérez y cols., 2009).

Las consideraciones expuestas en los párrafos precedentes, ponen de manifiesto la importancia y utilidad de la evaluación de la composición corporal y su distribución, cuyos componentes tanto magro como muscular especialmente, deberían ser utilizados en la práctica clínica y en estudios epidemiológicos y ser tomados asímismo sus indicadores, como herramienta fundamental en la cuantificación y seguimiento de algunos riesgos importantes para la salud. Por otra parte, de manera muy especial dentro de este contexto, es imprescindible destacar la necesidad de considerar a la composición corporal y su distribución, como una guía en la dosificación de las cargas y en la monitorización de la modificación de la condición física de la población atlética por efectos del entrenamiento.

Bibliografía

- Baumgartner RN, Roche AF, Guo S, Chulmea C, Ryan AS. *Fat patterning and centralized obesity in Mexican-American children in the Hispanic Health and Nutrition Examination Survey.* (HHANES 1982-1984). Am J Clin Nutr 1990; 51:936S-943S.
- Baumgartner R, Roche A. Tracking of fat pattern indices in childhood: the Melbourne growth study. *Hum Biol.* 1988; 60: 549-567.
- Bouchard C, Johnston FE.. *Fat distribution during growth and later health outcome.* 1998. New York: Allan R. Liss.
- Cabrera A, Damiani A, Chiong D, Quintero ME, Fernández L. Relación entre los lípidos séricos y la distribución de grasa corporal en un grupo de niños obesos. *Arch Lat Nutr.* 1995; 45(1):55-57.
- Carmenate Moreno MM, Marrodán Serrano MD, Mesa Saturnino MS, González Montero de Espinoza M., Alba Díaz JA. Obesidad y circunferencia de la cintura en adolescentes madrileños. *Rev Cub. Salud Pub* 2007; 33 (3) 1-9.
- Calle EE, Rodríguez C, Walter-Thumbond K, Thun MJ. Overweight, obesity and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of US adults. *N. Engl. Med* 2003; (348):1625-1638.
- Campos I, Macías de Tomei C. Adiposidad y su patrón de distribución en niños de 4-7 años *An Ven Nutr.* 2003; 16(1): 5-10.
- Cronk CE, Mukher Jes D, Roche A. Changes in triceps and subcapular skinfold thickness during adolescence. *Hum Biol.* 1983; 55: 707-721.
- Demarchi D, Zurlo de Mirotti S, Marcelino AJ. Pautas de la distribución corporal del tejido adiposo en adolescentes. *Rev Cubana Invest Biomed* 2001; 20 (2):87-52.
- Gutin B, Islam S, Manos T, Cucuzzo N, Smith Stachura ME. Relation of percentage of body fat and maximal aerobic capacity to risk factors for atherosclerosis and diabetes in black and white seven-to eleven-year-old children. J. Pediatr 1994; (125): 847-52.
- Hammer LD, Wilson DM, Litt IF, Killen JD, Hayward C, Miner B. Impact of pubertal development on body fat distribution among white Hispanic and Asian female adolescent. *J Pediatr.* 1991; (118): 975-80.
- Hattori K, Becque MD, Katch VL, Rocchini AP. Fat patterning of adolescents. *Ann Hum Biol* 1987; 14: 23-28.
- Johnston FE. Body fat deposition in adult obese women I. Patterns of fat distribution. *Am J Clin Nutr.* 1988; (47): 225-228.

- Jones COH, White NG. Adiposity in aboriginal people from arhem Land, Australia: variation in degree and distribution associated with age, sex and lifestyle . *Ann Hum Biol.* 1994; 24(3): 207-27.
- Kirchengast S, Marosi A. Gender differences in body composition, physical activity, eating behavior and body image among normal weight adolescents. An evolutionary approach. *Coll. Antropol.* 2008; 34(4): 1079-1086.
- Kyung S, Robins D, Turner M, Adams-Campbell L. Anthropometric determinants of risk factors in an African American population. *Am J Hum Biol* 1989; 1: 631-648.
- Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Report of the International Obesity Task Force Childhood Obesity Working Group. Obes Rev* 2004: 5: 4-104.
- López-Blanco M, Landaeta-Jiménez M, Sifontes Y, Evans R, Machín T. *Nutrición, base del desarrollo. Situación alimentaria y nutricional de Venezuela.* Fascículo II. Ediciones CAVENDES. Caracas, Venezuela . 1996).
- Malina R, Kosiel S, Bielicki T. Variations in subcutaneous adipose tissue distribution associated with age, sex, and maturation. *Am J Hum Biol*; 1999; 11: 189-200.
- Mancera AO, Pérez BM., Landaeta-Jiménez M, Ledezma T. Relación cintura/muslo en preescolares venezolanos *Ann. Venez de Nutric.* 1998; 11(2):188-191
- Marrodán MD, Mesa MS, Lomaglio DB., Moreno-Romero S., Dipierri JE., Pacheco JL. Análisis comparativo de marcadores de obesidad mediante el método de las curvas ROC. En: *Genes, ambiente y enfermedades en poblaciones humanas*. Universidad de Zaragoza 2008: 713-720.
- Martin AD, Spenst LF, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22 (5): 729-793.
- Méjean C. Obesité et facteurs de risque de maladies non transmissibles chez des migrants d´ Afrique du Nord. En: *Alimentation et Santé.* 2007. Tomo II. Ed. Mohamed El Moubaraki
- Mokad AH, Foed ES, Browman BA, Dietz WH, Vinicor F, Bales VS. Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related risk factors, 2001. *JAMA* 2003; 289:76-79.
- Mueller WH, Heininger JC, Liehr P, Chang W, Chander PS. Conicity: a new index of body fat distribution. What does it tell us? *Am J Hum Biol* 1996; 8: 489-496.
- Mueller WH, Marbella A, Harrits RB, Kaplowitz HJ, Grunbaum JA., Labarthe DR. Body circumferences as measures of body fat distribution in 10-14 year-old schoolchildren. *Am J Hum Biol* 1990; 2:117-124.
- Must A, Strauss RS. Risks and consequences of childhood and adolescent obesity Int. J Obes Relat Metab Disord 1999: 23 (suppl 2): S2-S11.
- Pancini F, Cervellati C, Guariento A, Stacchini MA, Castaldoni C Oxidative stress, body fat composition, and endocrine status in pre-and postmenopaudsal women. *Menopause* 2008; 15 (1): 112-118.
- Pérez B. Composición Corporal: aciertos y errores en su interpretación. *An Ven Nutr.* 1998; 11(1): 78-85.
- Pérez B, Landaeta-Jiménez M, Ledezma T, Ortega de Mancera A. Adiposidad, distribución de grasa y lípidos séricos en adolescentes venezolanos. En: *Investigaciones en Biodiversidad Humana.* Editor Tito Varela. Universidad de Santiago de Compostela y Sociedad Española de Antropología Biológica. 2000: 539-546.
- Pérez B. Landaeta-Jiménez M; Vásquez Maura. Fat distribution in Venezuelan children and adolescents estimated by the conicity index and waist/hip ratio. *Am J H Biol* 2002; 14:15-20.
- Pérez B, Landaeta-Jiménez M, Amador J, Vásquez M, Marrodán MD. *Sensibilidad y especificidad de indicadores antropométricos de adiposidad y distribución de grasa en niños y adolescentes venezolanos.* Interciencia 2009; 34 (2): 84-90.
- Popkin BM. *The Nutrition transition in the developing world.* Development Policy Review. 2003; 21:581-597.
- Pouliot M, Després JP, Lemmeux SL. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol* 1994; 73: 460-46.
- Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F. The adiposity rebound: its contribution to obesity in children and adults. En: *Obesity in childhood and adolescence.* Chunming Chen & WH Dietz, ed. Nestlé Nutrition Workshop Series. Pediatric Program 2002; 49.
- Rolland-Cachera MF, Bellisle F, Deheeger M, Pequignot F, Sempé M. Influence of body fat distribution during childhood and body fat distribution in adulthood: a two decade follow-up study. *Int J Obesity* 1990;14: 473-81.
- Ross WD, Marfell-Jones M. Kinanthropometry. En: *Physiological testing of the high performance athlete.* Champain, Il. Human Kinetics 1991: 223-308.
- Sangui H, Mueller WH. Which measure of body fat distribution is best for epidemiological research among adolescents?. Am J Epid 1991; 133 (9):870-883.
- Tanner J, Whitehouse R, Takaishi M. Revised standars for triceps and subcapular skinforlds in Britisch children. *Arch Dis Child.* 1975; 50: 142-145.
- Vague J. The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determinig predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease. *Am J Clin Nutr*; 1956(4) : 20-34.
- Valdez R 1991. A simple model-based index of abdominal adiposity. *J Clin Epidemiol* 1991; (119): 71-80.
- Valdez R, Seidell, JC, ANH YI, Weiss KM. A new index of abdominal adiposity as an indicator of risk for cardiovascular disease. A cross population study. *Int. J Obesity*; 1992, 16:77-82.
- Zanolli R, Chiarelli , Morgese G. Influence of age, sex and BMI on waist-to-thigh circumference ratio in children. *Ann Hum. Biol* 1995; 22 (2): 123-129.
- Zhu S, Wang Z, Heshka S, Heo M, Faith MS, Heymsfield SB. Waist circumference and obesity-associated risk factors among whites in the third National Health and Nutition Examination Survey: clinical action thresholds. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 743-749.

8.B.1. Int

Actu n
consens g
la valoració

Desc e
telet, as.. or
(*BMI o Bod*
cuantific ci
la Espec o
y cols., 199
de muchos

Pero s
dos, sean lo
aparente si
miento r ce
y extrín ca
diferentes a
métodos *ic*

En efect
economía y
Bioelect a
poral; ta o
diálisis, onc
desnutrición

8.B.2. Fu

El m o
baja intensi
comparada
un cond t

Las prop
Ohm:

Asumien
concéntrica
cia (Z), n

8.B. Los métodos bioeléctricos para la valoración y el control de la composición corporal

Jordi Porta Manzañido
José Ramón Alvero Cruz

8.B.1. Introducción

Actualmente, entre todos los profesionales relacionados con el ámbito de la salud humana, existe un consenso generalizado en cuanto a la conveniencia de disponer de los aparatos o medios necesarios para la valoración de la composición corporal.

Desde el conocido índice epidemiológico IMC = Peso/Talla^2 , basado en las teorías y trabajos de Quetelet, astrónomo y matemático del siglo XIX, y popularizado desde 1953 como Índice de Masa Corporal (*BMI o Body Mass Index* -Keys y Brozek, 1953-), hasta los métodos de imagen más complejos para la cuantificación de los diferentes tejidos corporales, como la Resonancia Magnética Nuclear (Porta, 1999), la Espectrometría Fotónica Dual ó Triple (Kotzki, 1999) o las últimas técnicas de Inducción Magnética (Riu y cols., 1999) y Escáner Corporal Tridimensional (Wells y cols., 2000), el profesional interesado dispone de muchos métodos para la valoración de la composición corporal.

Pero resulta evidente que, en la práctica diaria se requieren técnicas o métodos que además de válidos, sean lo más funcionales posible. Incluso el método antropométrico, uno de los más utilizados por su aparente simplicidad, puede tener, en el caso de ser utilizado por profesionales sin el grado de entrenamiento necesario, grandes problemas de validez intrínseca (falta de precisión y exactitud de las medidas) y extrínseca; derivada de la incorrecta aplicación de ecuaciones de predicción a grupos de población diferentes al que se utilizó para desarrollarlas. Así pues, una posible solución está en la utilización de los métodos *bioeléctricos*.

En efecto, por la simplicidad de su protocolo no invasivo, rapidez de administración (1-3 min), fiabilidad, economía y potencial validez, los métodos bioeléctricos, conocidos popularmente como *BIA* (del Inglés: *Bioelectrical Impedance Analysis*), son cada vez más utilizados para la valoración de la composición corporal; tanto en el ámbito médico-clínico (control de la distribución de fluidos e hidratación de quemados, diálisis, oncología VIH, etc), como en el epidemiológico y deportivo: estudio y control de la obesidad y desnutrición, efectos de los distintos tipos de dieta, programas de hipertrofia, etc.

8.B.2. Fundamentos bioeléctricos

El método de *bioimpedancia* (*BIA*), está basado en la menor resistencia al paso de una corriente de baja intensidad (100-800 µA) y baja o media frecuencia (50-500 kHz), de la masa libre de grasa (*MLG*) comparada con la del tejido adiposo y hueso, y en la relación geométrica existente entre la resistencia de un conductor (el cuerpo humano) y su volumen.

Las propiedades bioeléctricas de los diferentes tejidos humanos están fundamentadas en la ley de Ohm:

$$R = V / I \quad \text{..... (1)}$$

R = resistencia (ohmios); V = voltaje (voltios); I = intensidad (amperios)

Asumiendo que los principales componentes de un circuito bioeléctrico están en paralelo (capas concéntricas de tejido adiposo, músculo y hueso), la resistividad total corporal, denominada impedancia (Z), vendrá determinada casi exclusivamente por la resistividad específica (ρ) de la *MLG*. Resisti-

vidad que dependerá del volumen y microestructura del conductor: isotrópica o anisotrópica (como en el músculo esquelético) y especialmente, por la concentración electrolítica del volumen del agua que, aproximadamente,está en una proporción del 73,2 % en dicha *MLG* (Rathbun y Pace, 1945).

Aunque el cuerpo humano no es un conductor homogéneo, a efectos de cálculo, se le puede considerar como un cilindro de altura igual a la estatura del sujeto (L) y de una sección transversal desconocida (A). Es decir, la resistencia del "cilindro" del componente de la MLG será (Figura 8.B.1):

$$R = \rho\, L / A \quad \text{..... (2)}$$

R = resistencia (ohmios); L = longitud del conductor (cm); A = sección conductor (cm^2)
ρ = resistividad específica (ohmios/cm). Los valores de la p (ohmios/cm) de los tejidos corporales más importantes son aproximadamente: ***Grasa*** (ohmios/cm) = 2.500 ; ***Hueso*** = 1.800; ***Músculo*** = 300; ***Sangre*** = 175; ***Orina*** = 30 (Baumgartner, 1990).

Si multiplicamos la ecuación **(2)** por L / L; $R = \rho\, L^2 / LA$
y considerando que el *Volumen* = L x A; $R = \rho\, L^2 / V$

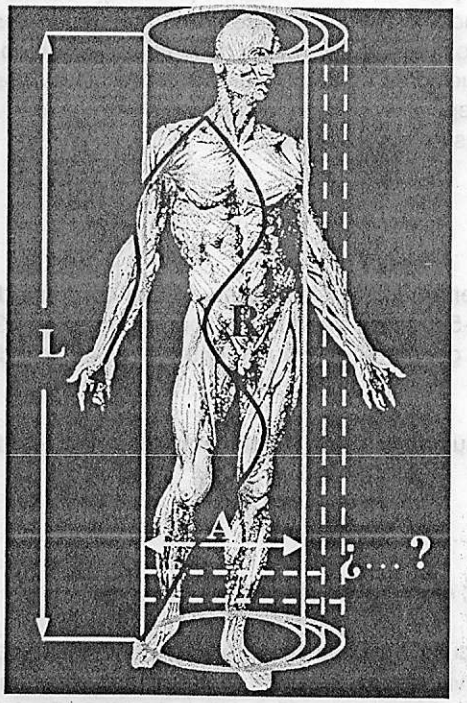
Despejando el *Volumen*: $V = \rho\, L^2 / R$ o $V = \rho\, L^2 / Z$ ..... **(3)**

Es decir, y esta es la primera consideración fundamental bioeléctrica que se debe tener en cuenta cuando se analizan los métodos de la *BIA*, el volumen (litros) estimado de la ecuación **(3)**, es fundamentalmente el del agua. Asumiendo que su proporción en la *MLG* es constante (73,2 %), se podrá deducir o estimar tanto la *MLG*, como la *MGT*.

La segunda consideración fundamental a nivel electrotécnico tiene que ver con la confusión que puede existir entre la resistencia (*R*) y la impedancia (*Z*) de un circuito biológico. La *Z*, se expresa matemáticamente:

$$Z^2 = R^2 + Xc^2 \quad \text{..... (4)}$$

R = resistencia del sistema (ohmios); Xc = reactancia o capacitancia (ohmios).



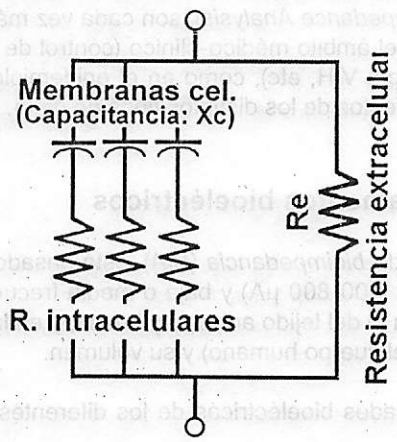


Figura. 8.B.1 (a). Conociendo la longitud (L) de un conductor (la talla corporal) y la resistencia (R), que ofrece al paso de una corriente (I) podemos, sin conocer su sección o anchura (A), calcular su volumen. **8.B.1 (b).** El modelo bioeléctrico del cuerpo humano se puede representar mediante resistencias (R) y condensadores o capacitancias (Xc) situadas en paralelo, al igual que la disposición en capas concéntricas del tejido adiposo, músculo y hueso. La componente resistiva, corresponde a los fluidos extra o intracelulares; y la capacitativa, a las membranas.

Es decir, se debe tener en cuenta que, la medida de la impedancia (***Z***) conlleva la de la resistencia (*R*) y también... la ¡reactancia! que, en un circuito biológico equivale a la capacitancia (*Xc*). Esto es muy importante porque hay algunos métodos o aparatos que, basándose en la supuesta irrelevancia de la *Xc* en relación a la *R* total del sistema, utilizan una sola frecuencia de inducción de la corriente (50 kHz) a la que se supone la *Xc* máxima. Aparatos o método que, recibe el nombre de ***S-BIA*** (del Inglés: *Single Bioimpedance Analysis*.

Y, aunque en la ecuación **(3)** se puede sustituir a la *resistencia* (*R*) por la *impedancia* (*Z*), porque en un circuito conductivo biológico la *reactancia* o *capacitancia* (*Xc*) puede ser muy pequeña (≤ 4,0% de la *R* total), no quiere decir que su valoración que, en gran medida, representa la *masa intracelular* (*MIC*), y especialmente la del *angulo de fase* (θ) que es la diferencia entre el voltaje y la corriente de un circuito, no sea importante y significativa para la valoración de la composición corporal y la cinética de los fluidos intra y extracelulares (Thomasset, 1962; Hoffer y cols., 1969; Jenin y cols., 1975; Lukasky y Bolonchuck, 1985, 1986, 1988; Baumgartner y cols., 1990), (Figura 8.B.2 y Tabla 8.B.1).

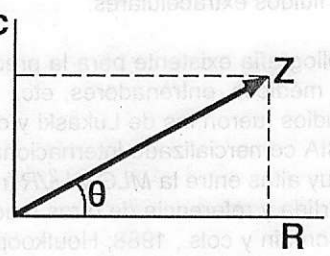


Figura 8.B.2. La *impedancia* (Z) es un vector formado por la *resistencia* (*R*) y la *capacitancia* (*Xc*) que, a su vez, depende de la frecuencia (fc) de inducción de la corriente. En el cuerpo humano, una fc ≈ 50 kHz, suele conllevar la máxima *Xc* y el mayor *ángulo de fase* (θ), que se define como el arcotangente entre la *Z* y la *R*

En el cuerpo humano, los valores altos de la *Xc* y θ, sugieren membranas celulares en buen estado, con una presión osmótica y concentración de iones correcta y mucha masa celular. Si el valor de θ se aproxima a cero, significará que las membranas celulares se destruyen o pierden eficacia y el contenido de agua extracelular aumentará. Procesos estos que conllevan la pérdida de la masa celular y son característicos de la deshidratación y malnutrición (Tabla 8.B.1).

Parámetro	Sujetos normales* Hombres	Mujeres	Enfermos Hombres y Mujeres
RESISTENCIA (R) (Ohms)	432 ± 59,2 (310 - 576)	559 ± 51,3 (458 - 691)	313 ± 80,8 (237 - 485)
REACTANCIA (Xc) (Ohms)	60,4 ± 7,40 (46,0 - 84,0)	64,9 ± 8,90 (47,0 - 92,0)	17,3 ± 13,3 (4,0 - 35,0)
ÁNGULO DE FASE (θ°)	08,2 ±1,10 (6,7 - 12,9)	06,7 ± 0,90 (4,6 - 10,9)	03,5 ± 2,21 (0,60 - 6,1)

El θ normal para un individuo sano está entre 4 y 15°. (*) Valores medios (±) y el rango entre paréntesis. (#) Valores medios (±) y rango de cuatro hombres y tres mujeres operadas.

Tabla 8.B.1. Parámetros de *impedancia bioeléctrica* (*Z*) en sujetos normales y enfermos (Zarowitz y Pilla, 1989)

8.B.3. Historia y desarrollo de la bioimpedancia

Aparte del interés que los científicos del siglo XIX tuvieron por las propiedades bioeléctricas de los tejidos humanos, sus antecedentes históricos más directos se encuentran en la primera medida biológica de la *impedancia* (*Z*) realizada por Cremer en el año 1907. Pero fue a partir de la década de los años 30,

cuando autores como Mann, Cole y Curtis empezaron a estudiar la relación entre la *impedancia* y sus parámetros con algunas variables fisiológicas como: función tiroidea, metabolismo basal, segregación hormonal y flujo sanguíneo (Van Loan, 1990; Baumgartner y cols., 1990).

En 1940, Nyboer ya constató la relación entre la *Z* y el flujo sanguíneo (Nyboer, 1972); pero el primero en demostrar la relación entre la *Z* y el agua corporal total (*ACT*) fue Thomasset en 1962. Posteriormente, Hoffer (1969) utilizando la técnica tetrapolar y una corriente alterna de 100 µA a 100 kHz, encontró una correlación muy alta (r =0,93 y sd = 4,0) entre el ACT y el índice L^2/Z.

Con este trabajo como referencia, otros autores estudiaron la relación entre la Z corporal el agua corporal total (*ACT*) y la masa libre de grasa (*MLG*), encontrando también unas correlaciones muy altas (r = 0,86-0,99) con diversos índices: L^2, *R*, L^2/R o L^2/Z (Jenin y cols., 1975; Lukaski y cols., 1985; Kushner y Schoeller, 1986; Van Loan y Mayclin, 1987; Lukaski y Bolonchuk, 1988; Van Loan, 1990; Kushner y Schoeller, 1992) obteniendo también unas correlaciones muy altas (r = 0,86-0,99). Además de la predicción del ACT, Jenin y cols., (1975) y Lukaski y Bolonchuk (1988), utilizaron el método ***BIA*** para la predicción de fluidos extracelulares. Estos últimos, encontraron que el índice L^2/Xc constituye un predictor más válido que L^2/R para la predicción de los fluidos extracelulares.

En contraste con la escasa bibliografía existente para la predicción del ACT o fluidos extracelulares, y debido al interés de nutrólogos, médicos, entrenadores, etc., existen muchos trabajos para la valoración de la *MLG*. Los primeros estudios fueron los de Lukaski y cols., (1985) y Segal y cols., (1985) que, utilizando el primer modelo de BIA comercializado internacionalmente (RJL, System, Detroit Mi, USA), encontraron unas correlaciones muy altas entre la *MLG* y L^2/R (r = 0,98 y 0,94, respectivamente). Dichos trabajos constituyen la base de partida y referencia de otros muchos realizados con otros grupos de población específicos como niños (Cordain y cols., 1988; Houtkooper y cols., 1989), o adultos de todas las edades y características físicas, comparándolos con otros métodos existentes como la *densimetría, antropometría, TOBEC y dilución isotópica (DI)* (Lukaski y cols., 1986, 1988; Segal y cols., 1988; Van Loan y Mayclin, 1987; Guo y cols., 1987; Khaled y cols., 1988); o intentando analizar su sensibilidad para detectar pequeños cambios en la composición corporal (Ross y cols., 1989).

Lukaski y Bolonchuk (1988) y Segal y cols., (1988), demostraron que, incluyendo algunas variables como la edad y el sexo, y desarrollando ecuaciones específicas para grupos de población obesa, sus ecuaciones eran más válidas que las propuestas por los mismos fabricantes del aparato *BIA* de *RJL* (Van Loan, 1990). Ecuaciones que sobrestimaban sistemáticamente la *MLG* de ambos sexos, en relación a la *MLG* valorada por densimetría: 69,2 ± 8,52 kg de *MLG* contra 64,0 ± 8,2 kg en los hombres, y 47,3 ± 6,2 contra 43,6 ± 5,9 kg, en las mujeres. Dicho problema, se acentúa con un mayor grado de obesidad, incluso en niños de 11-12 años; probablemente debido al aumento del H_2O extracelular que hace que aumente su porcentaje en el tejido adiposo (Eston y cols., 1990).

8.B.4. Métodos de bioimpedancia

No es difícil intuir que, gracias a su gran funcionalidad, los métodos y aparatos de ***BIA*** se popularizaron en todo el mundo. En España, a partir de 1995, se comercializaron varios de estos aparatos: *Akern (RJL S/1), Biodinamics, Bioscan, Omron, Tanita, Valhalla*, etc. Modelos que, a excepción del *Bioscan* (utilizado en el ámbito clínico), solo disponían de una frecuencia (50 kHz) para la inducción de la corriente. Aparatos llamados de monofrecuencia ó ***S-BIA*** (del Inglés: *Single Bioimpedance Analysis*) (Figura 8.B.3).

Entre los modelos citados, los más utilizados, por su precio y facilidad de uso, fueron los modelos japoneses de *Omron de Matsusaka Co.* y *Tanita Co.* Muy funcionales y fiables, pero de una validez relativa ya que, además de ser modelos ***S-BIA***, en algunos de ellos, la intensidad de la corriente de inducción era demasiado baja (200µA). Su originalidad estriba en el hecho de que, y en el caso del aparato *Omron BF-300*, para efectuar la medida del porcentaje de masa grasa, el sujeto sólo debe asir con sus dos manos los cuatro electrodos integrados en las asas del mismo aparato (Figura 8.B.3).

La firma *Tanita*, fue la primera en popularizar las básculas en las que además de valorar el peso corporal, se hace una estimación de diversos tejidos corporales: agua, grasa y músculo. El sujeto debe con-

tactar con los pies descalzos, con los electrodos (2 para cada pie –talón y dedos-) para la inducción de la corriente y la medida de la *R* que encuentra a su paso por el cuerpo humano. Para los modelos *TBF*, sus constructores: Sakamoto y cols., 1994, constatan una buena correlación con el *IMC* de adultos (n = 1491; hombres: r = 0,758, p< 0,001; mujeres: r = 0,870, p< 0,001) y con el % de *MGT* obtenido por el método DEXA (r = 0,893, p< 0,001). Otros autores que colaboraron en el desarrollo del proyecto: Nuñez y cols., 1994, también han obtenido correlaciones altas con adultos sanos y obesos, con el sistema Valhalla (n = 17, r = 0,77, p< 0,001), *DEXA* (r = 0,88, p< 0,001), con densimetría (r = 0,90, p< 0,001), y también entre el índice L^2/R y el *ACT* calculada por el método de dilución isotópica (r = 0,78, p< 0,001).

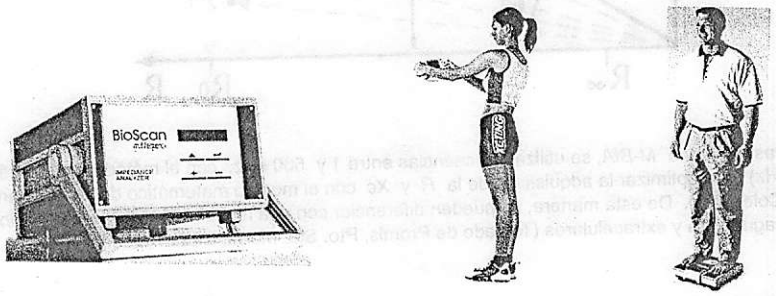


Figura 8.B.3. El modelo *Bioscan* con técnica *M-BIA*, utilizado en el ámbito clínico **(a)**; y los más populares: *Omron BF-300* **(b)** y *Tanita TBF-350E* **(c)**, ambos de *S-BIA*, han sido algunos de los aparatos *BIA* más utilizados en España desde 1995.

8.B.5. La bioimpedancia de multifrecuencias

Con la evidencia biológica y electrotécnica de que los modelos bioeléctricos ***S-BIA*** solo pueden ofrecer una validez relativa de la composición corporal (Figura 8.B.4), ya desde los primeros trabajos de Thomasset (1965), se estudió la medida de los diferentes componentes de la Z (*R*, *Xc* y θ) a baja (1-5 kHz) media (50-100 kHz) y alta frecuencia (>200 kHz).

Actualmente, y desde que ya en 1991, *Xitron Technologies, USA*, comercializó los primeros modelos de multifrecuencias (***M-BIA***: del Inglés *Multiple...*) hay un consenso generalizado en cuanto al hecho de que, y especialmente en grupos de población especiales o diferenciados (p.ej. deportistas), la potencial validez de los métodos bioeléctricos debe fundamentarse en la utilización del método ***M-BIA*** o, mejor aún, una variante del mismo llamado ***BIS*** (del Inglés: *Bioimpedance Spectroscopy*), que utiliza el modelo matemático de Cole y Hanai (Kyle y cols., 2004), para optimizar la adquisición de la *R y Xc* en un amplio espectro de frecuencias (1-1500 kHz) para poder diferencias más exactamente los espacios o volúmenes de agua intra y extracelulares (Figuras 8.B.5 y 8.B.6).

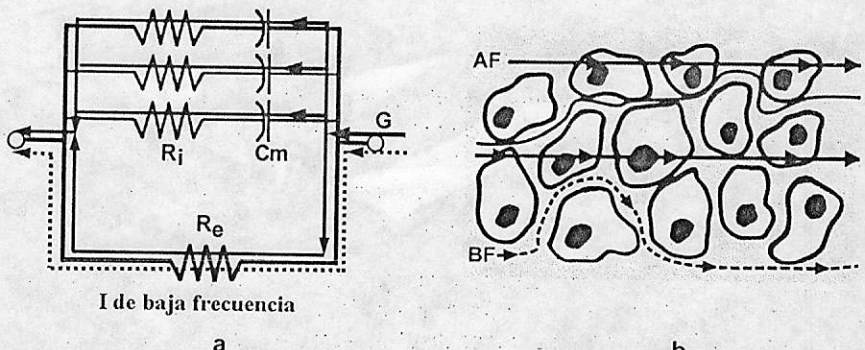


Figura 8.B.4. (a) Cuando se genera una corriente eléctrica alterna (*I*) de baja frecuencia (< 50 kHz -linea de puntos-) en un circuito con condensadores (*Cm*), estos, bloquean el paso de la I. **(b)** Biológicamente ocurre que la alta capacitancia (*Xc*) de las membranas celulares impide que la *I* las atraviese. Caso en el que la resistencia total (*Rt*) de un circuito o del cuerpo humano, vendrá solo determinada por la resistencia externa (*Re*), ofrecida por los fluidos extracelulares. Al contrario, cuando aumenta la fc (> 100 kHz), los *Cm* se cortocircuitan (membranas celulares permeables al paso de la *I*) y a la *Rt* se le sumará también la ofrecida por los fluidos intracelulares. Matemáticamente, se expresa:

$$Rt = Re \times Ri / Re + Ri$$

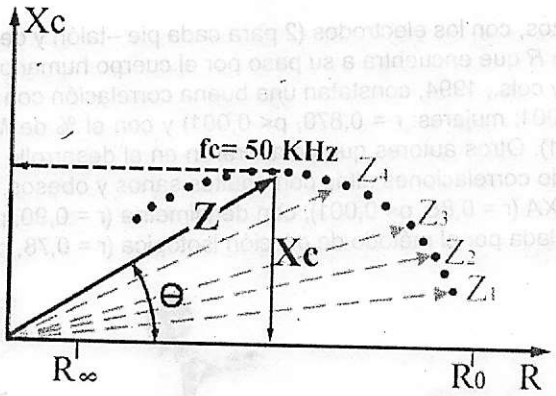


Figura 8.B.5. Mientras que en la *M-BIA*, se utilizan frecuencias entre 1 y 500 kHz, con el método *BIS*, se utiliza un espectro más amplio (5-1500 kHz) para optimizar la adquisición de la *R* y *Xc* con el modelo matemático de Cole y Hanai (conocido también como gráfico de Cole-Cole). De esta manera, se pueden diferenciar con una mayor exactitud los espacios o volúmenes de agua intra y extracelulares (Tomado de Promis, Pto. Sta. María, Cádiz –modificado-)

8.B.6. La bioimpedancia segmental

Hasta mediados de la década de los años 90, uno de los problemas que afectaban en mayor medida a la validez de todos los métodos bioeléctricos, era la constatación biológica de que el tronco (~ 50% de la masa total corporal) solamente aportaba el 10% de la *Z* total, debido a su gran sección (véase apartado 8.B.2, Fundamentos bioeléctricos).

La solución a dicho problema está en la llamada *BIA segmental* (***BIAseg***), consistente en la utilización de 6 a 11 electrodos para poder medir la Z de cada una de las regiones corporales de interés. Valoración que, aún será más exacta al poderse utilizar una constante de resistividad (ρ, véase ecuación **(3)** en el punto 8.B.2) diferente para cada una de las regiones o segmentos corporales medidos. Con ocho electrodos se pueden medir cinco: tronco y miembros superiores e inferiores (Figura 8.B.6).

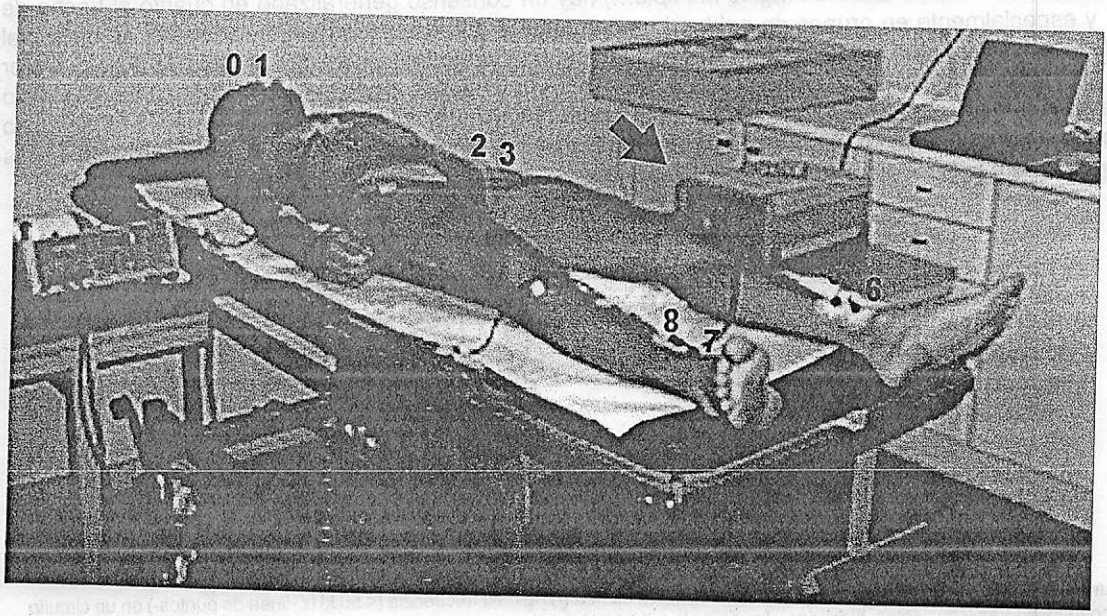


Figura 8.B.6. En el año 1996, la empresa NTE y el CAR de Sant Cugat, desarrollaron el primer modelo *BISseg* español para la NASA utilizando 11 electrodos para diferenciar la Z de las diferentes regiones corporales, ya que el tronco, a pesar de ser la región con los depósitos de grasa más importantes, solamente representa ~ el 10% de la *Ztotal*.

8.B.6.1. Técnica de aplicación

La medida de la *bioimpedancia*; se basa en hacer pasar una corriente alterna de pequeña intensidad (200-800 μA) y media-alta frecuencia (normalmente 0-500 kHz) a través del cuerpo midiendo la caída de voltaje. Para minimizar la *Z* de la piel, se deben utilizar cuatro electrodos (de seis a once en la ***BISseg***) de calidad y convenientemente separados.

El sujeto se coloca en posición decúbito supino y estirado, en una superficie plana e insulada. Los electrodos se pueden situar contra o ipsilateralmente en las superficies dorsales de la mano y el pie, a la altura de los metacarpos y metatarsos, respectivamente, y en las prominencias distales del radio y el cúbito en el miembro superior, así como entre los maleolos medial y lateral del tobillo (Figura 8.B.7 (a)). La corriente se induce en los dos electrodos distales, pasa a través del cuerpo y se mide la caída de voltaje debida a la *R* y *Xc* del sistema, entre los dos proximales.

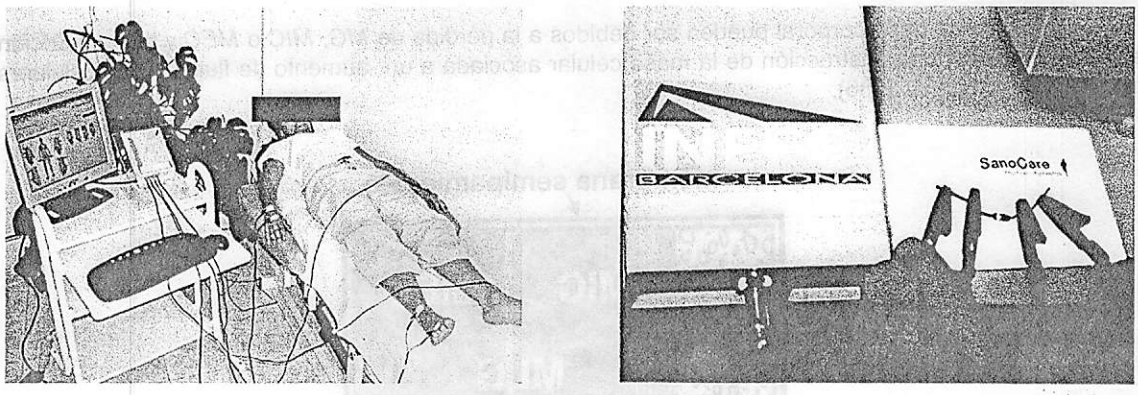


Figura 8.B.7. Para que la medida de la composición corporal sea lo más válida posible, los modelos *BIA* deben ser muy precisos (fiabilidad de la medida) y exactos (resultado similar que el de un patrón de referencia). Para ello y básicamente, los aparatos utilizados deben tener un microprocesador para su autocalibración (**a**, *Promis*) o poder ser calibrados manualmente con una R o Xc de referencia (**b**, *Medisystem*).

8.B.6.2. Aspectos importantes a tener en cuenta en la técnica *BIA*

Para una mayor validez de los resultados con cualquier método ***BIA***, se deben tener en cuenta los aspectos siguientes:

A. En relación al sujeto

1. No consumir diuréticos ni tomar alcohol 48 horas antes.
2. No realizar ejercicio 12 horas antes.
3. No comer ni beber 4 horas previas al test.
4. Orinar 30 min antes (vaciar vejiga urinaria).
5. No realizar los tests en fase lútea (2ª fase del ciclo menstrual).
6. Retirar elementos metálicos: reloj, anillos, *piercings*, pulseras, pendientes, collares o gargantillas, etc.
7. Asimismo, se debe tener en cuenta que algunas circunstancias o patologías del sujeto pueden alterar significativamente la medida de la *Z*.
   - Anormalidades del tamaño y forma corporal (amputaciones, atrofias, hemiplejías, distrofias (VIH, síndrome de Cushing).
   - Patologías como: insuficiencia cardiaca, fallo hepático y renal, hipotiroidismo, cambios en las concentraciones de electrolitos en suero.
   - Tratamientos: infusiones intravenosas de líquidos y electrolitos, medicaciones con sustancias que afectan al balance hídrico (esteroides, hormona del crecimiento, diuréticos), situaciones de diálisis (hemodiálisis y diálisis peritoneal), punciones abdominales para tratamiento de ascitis, implantes y prótesis ortopédicas.

B. Aparato de medida y protocolo

1. Calibración del aparato.
2. Usar electrodos adecuados y con una superficie mayor de 4 cm^2.
3. Depilar en caso de excesivo vello, y limpiar, frotando con alcohol de 70°, la zona de aplicación de los electrodos.
4. Evitar posibles interferencias con campos magnéticos cercanos.
5. Antes de efectuar la medida, el sujeto debe de estar en decúbito supino durante unos 3 min.

8.B.6.3. Interpretación de los resultados

Según Zarowitz y Pilla (1989), el modelo de referencia del método *BIA*, debería ser el que divide al cuerpo en tres componentes: masa grasa (*MG*), masa intracelular (*MIC*) constituida por el agua y masa intracelular y la masa extracelular (*MEC*,) formada por: el agua y sólidos extracelulares y la masa esquelética (Figura 8.B.8).

Los cambios de peso corporal pueden ser debidos a la pérdida de *MG, MIC* o *MEC* y la malnutrición se caracteriza por una destrucción de la masa celular asociada a un aumento de fluidos extracelulares (McDougall y Shizgal, 1986).

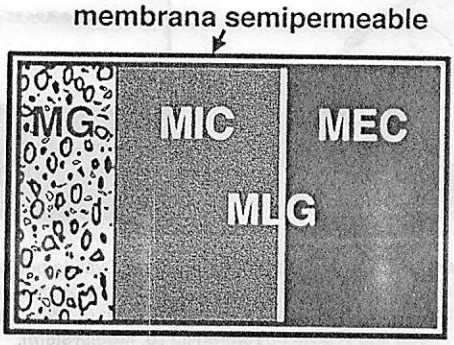


Figura 8.B.8. El modelo de referencia para la valoración de los espacios intra y extracelulares mediante los métodos bioeléctricos: *MG= Masa grasa; MLG= Masa libre de grasa; compuesta por: MIC= Masa intracelular (agua y masa intracelular); MEC= Masa extracelular (agua y sólidos extracelulares)*

Pero a la vista de los resultados de cualquier parámetro antropométrico que pueda ofrecer cualquier modelo y técnica de ***BIA***, se debe tener muy en cuenta que, lo único que dichos aparatos cuantifican o miden directamente es la *Z* del cuerpo humano. Así pues, es fácil deducir que todos los parámetros de la composición corporal que de ella se derivan, serán una medida o estimación *indirecta*, en el caso de la valoración de los depósitos de agua corporales; o *doblemente indirecta*, para los demás tejidos corporales: *MGT, MLG, MIC* o *MEC* .

8.B.6.4. Validación del método *BIA*

Sin lugar a dudas, el análisis de la *validez* de un procedimiento experimental, debe ser el aspecto más importante a tener en cualquier estudio científico. De forma muy general y simple, se puede definir a *validez* como: *la propiedad de medir o valorar realmente lo propuesto* pudiéndose clasificar en: *interna* y *externa*.

La *validez interna* (*VI*) viene determinada por todos los aspectos conceptuales o prácticos relacionados con los aparatos de medida, los sujetos estudiados y los protocolos utilizados. La *validez externa* (*VE*), hace referencia a la posibilidad de generalización de los resultados. En este sentido la *VE* de una ecuación de predicción para la valoración de cualquier parámetro de la composición corporal: H_2O total, o intrace-

lular, masa grasa etc., obtenida con cualquiera de los métodos ***BIA,*** sería muy limitada si se utilizara en sujetos con unas características anatómicas y fisiológicas diferentes: etnia, sexo, edad, condición física, etc., a las del grupo con el que se derivó la ecuación.

En relación a los factores que, en nuestro caso, determinan la *VI*, consideramos importante destacar los siguientes:

A. Conceptualmente

Tal como se ha comentado anteriormente, lo único que los aparatos ***BIA***, cuantifican o miden *directamente* son los parámetros electrotécnicos relacionados con la *Z* del cuerpo humano: *R, Xc* y θ . Así pues, es fácil deducir que la cuantificación volumétrica de los depósitos de agua corporales: *ACT, AIC* y *AEC*, constituirá una valoración *indirecta* ya que es una medida limitada por factores biológicos (diferentes resistividades del *AIC* y *AEC* en cada uno de los segmentos corporales) y geométrico-matemáticos (*Fundamentos bioeléctricos*). Cuando el software de cualquier aparato ***BIA*** hace una estimación de la *MGT, MLG, MIC* o *MEC*, esta debe considerarse *doblemente indirecta* ya que se deriva de una valoración *indirecta* del agua corporal y/o ecuaciones de predicción que, a su vez, utilizan constantes (especialmente la hidratación de la *MLG*: 73,2%) sujetas a una gran variabilidad.

B. Técnica y estadísticamente

B.1. Precisión de la medida. También llamada *fiabilidad*, se relaciona con el *error* técnico de medida intraevaluador (ETMintra) e implica que el resultado no varíe significativamente en medidas repetidas bajo las mismas condiciones.

Tanto para mejorar la precisión como la exactitud de una medida, los aparatos ***BIA*** deben calibrase antes de cada medida. Ya sea mediante un microprocesador para su autocalibración, o con un sistema manual para su calibración frente a un valor de referencia externo (Figura 8.B.7 (b)) Una oscilación de solo el 2% en la corriente inducida, supondría, para una Z de 500 ohms, un error de 10 ohms. Además de tener unas garantías de calibración (en el caso de USA, el *National Bureau of Standards*) los aparatos ***BIA***, deben tener un error máximo del 0,25% o 1 Ohm.

Al respecto, la reunión del *National Institute of Health Technology Assessment Conference Statement,* representada por expertos en nutrición, pediatría, cirugía, salud pública. epidemiología, ingeniería, biomedicina y bioestadística, consensuaron que las circunstancias siguientes podían afectar a la validez de los métodos ***BIA*** (NIHTACS, 1996).

- Temperatura y humedad excesiva.
- Colocación del sujeto y tipo de camilla utilizada.
- Características de los electrodos.
- El nivel de hidratación corporal y sudoración. Así, el grado de hidratación corporal puede variar en un mismo individuo según la hora del día en que se le efectúe la medición, ciclo menstrual en mujeres, por el tipo de ejercicio o entrenamiento realizado o por regímenes dietéticos forzados. En sujetos enfermos y mal nutridos, el error en la medida del *ACT* puede llegar a ser del 15% (Zarowitz y Pilla, 1989).
- La ingesta de fluidos puede comportar variaciones de 8-9 Ω, que representa unas variaciones del 1-3% en la *MGT* (Kushner, 1996). La ingestión de sólidos puede hacer variar la Z de 4-14 Ω, con las lógicas repercusiones en la estimación de la *MGT* (Rising, 1991).
- El decúbito supino (hasta 4 horas) hace incrementar los valores de *Z* hasta el 3% (17 Ω) a medida que aumenta el tiempo en dicha posición.
- La adducción o el cruce de las piernas produce una disminución de la *Z*, así como los estados postpandriales (↓ 5-10 Ω entre 2-4 horas).
- El valor de *Z* es sistemáticamente mayor en el lado izquierdo (8-10 Ω) que en el derecho (Guo y cols., 1987; Robert y cols., 1991).
- La obligatoriedad de introducir en los software los valores de peso y talla, variables predictoras del *ACT*, hace que el error en su introducción pueda sobre o infravalorar su medida. Variaciones en la altura de ± 2,5 cm, infra o sobrevalora el *ACT* y consecuentemente la *MLG*.

B.2. Exactitud de la medida. Relacionada con el error técnico de medida interevaluador (*ETMinter*). Es decir, hasta qué punto, el valor analizado es igual al de un patrón de referencia.

Es importante recordar que tanto conceptual como prácticamente, el único método que permite cuantificar (pesar y/o medir) directamente cualquier tejido o fluido corporal es la disección anatómica. A

partir de esta incuestionable constatación, es evidente que, cuando se valida un determinado método o aparato ***BIA*** con alguno de los métodos tradicionalmente usados como, por ejemplo, la dilución isotópica, para la valoración de *ACT* (Organ, 1994; Deurenberg, 1995; Kushner, 1986), la espectrometría para *MLG* (McDougall y Shizgal, 1986; Heitmann, 1990) o, y tal como está de moda actualmente, con la *DEXA* para la grasa, hueso y masa magra restante (Kotler, 1996; Roubenoff, 1997; Jakicik, 1998; Haapala y cols., 2002; Kyle, 2001, 2004), se debe ser muy consciente de que ninguno de los métodos citados constituyen por sí mismos un patrón de referencia absolutamente válido.
Al respecto, creemos que el patrón de referencia para medir la exactitud de cualquier sistema ***BIA,*** debería establecerse en base a su sensibilidad para detectar pequeños cambios (ingesta o pérdidas) en los diferentes depósitos de agua corporal. Dicha sensibilidad podría establecerse en un 2% del peso corporal del sujeto, nivel a partir del cual, y especialmente si se trata del agua intracelular, se puede constatar un descenso en la capacidad funcional.

8.B.6.5. Últimas tendencias y métodos

Una interesante aportación en la búsqueda de la máxima racionalización y aplicación práctica de los métodos bioeléctricos lo constituye el sistema ***BIVA*** (del Inglés: *Bioimpedance Vector Analysis*).

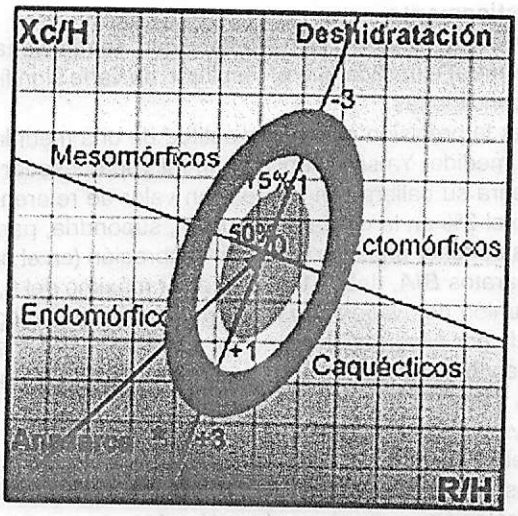


Figura 8.B.9. El diagrama de Piccoli del método *BIVA*. (Tomado de Promis, Pto. Sta María, Cadiz – modificado-)

Su gran ventaja estriba en el hecho de que, utilizando una Fc = 50 kHz , permite una valoración, estandarizada por la altura e independiente del peso, del estado nutricional de un sujeto, comparada con una población sana de referencia a partir de un vector geométrico de la Z (Piccoli y cols., 1996, 2000). Valoración que no está afectada por modelos o ecuaciones de predicción cuya validez es siempre relativa. La distribución del vector Z en el eje de coordenadas forma una serie de elipses concéntricas que representan los percentiles: 50, 75 y 95% del grupo de población de referencia. Así, por ejemplo, las variaciones de hidratación sin alteración tisular se asocian a un acortamiento del vector (hiperhidratación) o alargamiento (deshidratación), en la dirección del eje del mayor de las elipses.

Al contrario, las variaciones de masa de los tejidos blandos, conllevan una migración del vector hacia el eje menor de las elipses con un aumento del ángulo de fase (obesos, atletas) o una disminución del mismo (malnutrición, anorexia, etc.). Las variaciones combinadas de hidratación y nutrición producirán una migración combinada del vector hacia las dos direcciones principales (Figura 8.B.9).

Durante el proceso de revisión de este artículo, principios de 2009, *Tanita* empezó a comercializar el modelo *Viscan de Tomografía por Impedancia Eléctrica* (*TIE*). Un aparato portátil y muy funcional

que tiene como objetivo la valoración de la masa grasa visceral (*MGV*). Aunque sus especificaciones técnicas aún no han sido publicitadas en detalle, su funcionamiento se rige, fundamentalmente, por los principiós electrotécnicos ya explicados a lo largo de este capítulo, con la particularidad de utilizar un cinturón superficial de cuatro electrodos que ofrecen un mapa circuital de la impedancia (Z) que, mediante una medida previa del perímetro abdominal con ocho sensores de infrarrojos, y un algoritmo anatómico-geométrico puede *convertirse* en una tomografía de la región objeto de estudio (Figura 8.B.10).

Con la técnica *TIE*, pueden ser detectadas y controladas todas aquellas patologías que producen un cambio de impedancia en cualquier parte del cuerpo: cánceres, edemas y embolias pulmonares, coágulos sanguíneos, etc.

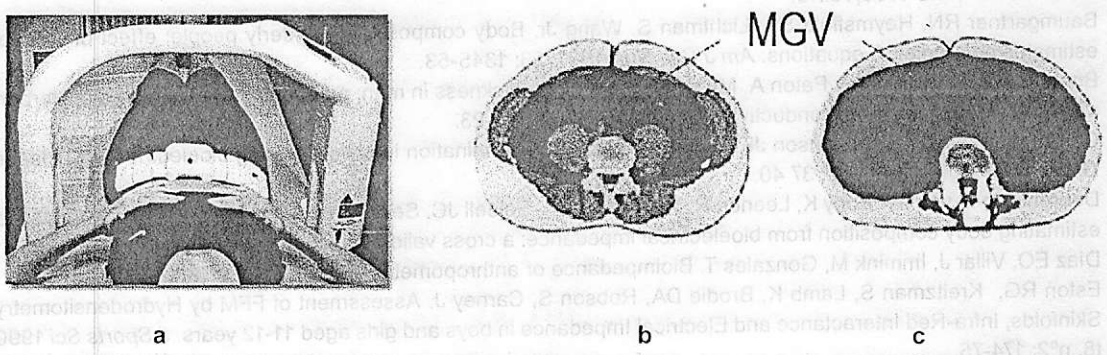


Figura 8.B. 10 (a). El modelo *Viscan de Tanita* utiliza la técnica *TIE* mediante la que se obtiene un modelo de la impedancia de la zona abdominal que, mediante un algoritmo puede transformarse en una tomografía que permite estimar la *MGV*: en **(b)**, la de un adulto sano de 32 años con un BMI = 23,7, con un perímetro de cintura de 84,0 cm y 97,7 cm^2 de *MGV*. En **(c)**, adulto de 35 años afectado por una lesión medular con un BMI = 23,7, perímetro = 82,2 y 211,6 cm^2 de *MGV*.

8.B.7. Conclusiones

1. A pesar de su relativa validez, los métodos ***BIA*** puedeN ser, por la simplicidad de su protocolo no invasivo, rapidez de administración y economía, una herramienta muy útil para la valoración de la composición corporal y cinética de los fluidos, tanto en el ámbito médico (clínico y epidemiológico), como en el deportivo.

2. A la hora de elegir entre un método y modelo determinado de ***BIA***, la característica más importante a tener en cuenta es la que posibilite la medida exacta (real) y precisa (fiable) de la *Z* con todos sus componentes: *R, Xc* y θ.

3. Los modelos de ***BIA*** deberían incorporar en su software, fórmulas de predicción derivadas con diferentes grupos de población: niños, adultos, mayores, deportistas, obesos, enfermos, etc, para que el profesional decida cuál de ellas se ajusta más a las circunstancias de su trabajo. Es decir, a las características del sujeto analizado y a la necesidad de valorar con la mayor validez posible algún parámetro antropométrico determinado.

   En este sentido, si lo que se pretende es conocer simplemente el *ACT, MGT* y *MLG*, en sujetos con niveles de hidratación normales; puede bastar un modelo ***S-BIA*** que utilice en su fórmula de predicción el índice L^2/R, pero para valorar los posibles cambios de fluidos (hiperhidratación o deshidratación en diversas patologías o en pruebas deportivas) en los diferentes depósitos de *MIC, MEC, AIC* y *AEC*, será mejor optar por un modelo ***M-BIA*** o ***BISseg*** que permita calcular con mayor exactitud las *R, Xc* y θ de cada región corporal. Medidas que, deben tomarse con el sujeto acostado.

4. Por último y...¡aún más importante!, abogamos por la adopción de un patrón de referencia directo, fundamentado en la necesaria sensibilidad o capacidad para detectar cambios de hidratación o deshidratación del 2% del peso corporal.

Ministerio de Educación y Cultura. Investigación en Ciencias del Deporte, C.S.D., Madrid, 1996.
- Gray DA, Bray GA, Gemayel N, Kaplan K. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 255 60.
- Guo S, Roche AF, Chumlea WM. Body Composition Predictions From BEI. *Human Biology* 1987; Vol. 59, 2: 221-33.
- Hanna SJ, Cowen CE, Plester K. y cols. Comparison of BIA spectroscopy and multi- frecuency BIA for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clinical Science* 1995; 89: 651-58.
- Heitmann BL. Prediction of body water and fat in adult Danes from measurement of electrical impedance. A validation study. *Int J Obes* 1990;14: 789 802.
- Helenius MYT, Albanes D, Micozzi MS, Taylor PR, Heinonen OP. Studies of bioelectric resistance in overweight, middle aged subjects. *Hum Biol* 1987; 59: 271- 9.
- Hoffer EC, Meador CK y Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with body water volume. *J Appl Physiol* 1969; 27: 531-34.
- Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG. *Bioelectric Impedance estimation of Fat-Free Body Mass in children and youth: a cross validation study.* Dept Nutr and Food Science & Dept. Exercise and Sport Sciences, University of Arizona, Tucson, USA, 1989.
- Jackson AS, Pollock ML, Graves JE, Mahar MT. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J Appl Physiol* 1988; 64:529 34.
- Jenin P, Lenoir J, Roullet C, Thomasset AL, Ducrot H. (1975). Determination of fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviation, Space & Engineering Med.* 1945; 46: 152-55.
- Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol Rev* 1953; 33: 245-325.
- Khaled MA, Mccutcheon MJ, Reddy S y cols. Electric impedance in human body composition: the BIA method. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 789-92.
- Kotzki PO, Mariano-Goulart D, Ross M. Theoretical and experimental limits of triple photon energy absorptiometry in the measurement of bone mineral. *Phys Med Biol* 1991; 36: 429-437.
- Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by Bioelectrical Impedance Analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 417-24.

- Kushner RF, Schoeller DA. Is the Z index (ht2/R) significant in predicting total body water. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 835-39.
- Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 423S-427S
- Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for BIA in adults aged 20-94 years. *Nutrition* 2001; 17:248-53.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM y col. Bioelectrical impedance analysis: part I. *Clinical Nutrition* 2004; 23: 1226-1243.
- Liang, MT, Norris S. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 1231-1239.
- Lohman TG. *Advances in body composition assessment.* Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1992.
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 4: 810-17.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60: 1327-32.
- Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 537-56.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW. Estimation of Body Fluid Volumes Using Tetrapolar Bioelectrical impedance Measurements. *Aviation, Space & Environmental Medicine.* Dec.,1988.
- Martin AD. *An anatomical basis for assessing human body composition: evidence from 25 cadavers.* Ph. D. Thesis. Simon Fraser University, BC, Canada, 1984.
- McDougall D, Shizgal HM. Body composition from whole body resistance and reactance. *Surgical Forum* 1986; 37: 42-44.
- McNeill KG. Current techniques and applications of body composition analysis at Toronto General Hospital. *Australia Phys Eng Sci Med* 1988; 11(1): 15-20.
- Núñez C, Gallagher D, Russell-Aulet M, Heymsfield SB. *BIA analysis of body composition: a new measurement approach.* 7th.Int. Congress on Obesity. August, 20-25, 1994; Toronto, Canada.
- Nyboer J. Workable volume and flow concepts of biosegments by Bioimpedance Analysis plethysmography. *Journal of Life Sciences* 1972; 2: 1-13.
- Organ LW, Bradham GB, Gore DT, Lozier SL. Segmental BIA: theory and application of a new technique. *Med Sci Sports Exerc* 1994: Vol. 20, No 9: 1269-73.
- Porta J. *Cuantificación y distribución del tejido adiposo en deportistas por Resonancia Magnética Nuclear (RMN). Análisis comparativo con diversas fórmulas y métodos.* Tesis Doctoral. INEFC, Barcelona, 1999.
- Piccoli A, Piazza P, Noventa D, Pillon L, Zacaria M. A new method for monitoring hydration at high altitude by BIA. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1517-22.
- Piccoli A, Pittoni G, Facco E, Favaro E, Pillon L. Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients. *Crit Care Med* 2000; 16: 132-37
- Presta E, Segal KR, Gutin B, Harrison GG, Van Itallie TB. Comparison in man of total body electrical conductivity and lean body mass derived from body density: validation of a new body composition method. *Metabolism* 1983; 32: 524-27.
- Rising R, Swinburn B, Larson K, Ravussin E. Body composition in Pima Indians: Validation of bioelectrical resistance. *Am J Clin Nutr* 1991, 53:594-598.
- Rathbun EN, Pace N. Studies on body compositon: The determination of total body fat by means of the body specific gravity. *J Biol Chem* 1945; 158: 667-76.
- Riu PJ, Rosell B, Bragos R, Casas O. Electrical bioimpedance methods: aplications to medicine and biotechnology. *Ann N Y Acad Sci* 1999; 873: 1-542.
- Ross R, Leger L, Martin P, Roy R. Sensitivity of BIA to detect changes in body composition. *J Appl Physiol* 1989; 67(4): 1643-48.
- Roubenoff R, Baumgartner RN, Harris TB, Dallal GE, y cols. Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997; 52: M129-36.
- Sakamoto Y, Miura J, Yamaguchi Y, y cols. *Usefulness of bioelectrical impedance analysis for measurement of body fat.* Report from the 7th. Int. Congress on Obesity. August, 20-25, Toronto, 1994.
- Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human body composition by BIA methods: A comparative study. *J Appl Physiol* 1985; 58: 1565-71.
- Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by BEI: a four site cross validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7-14.
- Segal KR, Burastero S, Chun A y cols. Estimation of extracellular and total body water by multiplefrecuency BIA measurement. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 26-29.

- Sergi G, Bussolotto M, Perini P, Calliari I, Giantin V, Ceccon A, Scanferla F, Bressan M, Moschini G, Enzi G. Accuracy of bioelectrical impedance analysis in estimation of extracellular space in healthy subjects and in fluid retention states. *Ann Nutr Metab* 1994; 38: 158-65.
- Sheng HP, Huggins RA. A review of body composition studies on total body water and fat. *The Amer J Clin Nutr* 1979; 32: 630-647.
- Shizgal HM. *Determination of Body Composition from Bioelectrical Impedance*. JL Systems, Detroit, M-USA-, 1989.
- Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D y cols. Development of BIA prediction equations for body composition with a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 331-340.
- Tan YX, Núñez C, Sun Y y cols. New electrode system for rapid whole-body and segmental BIA assessment. *Med & Sci Sports & Exerc* 1997; Vol.29, No.9: 1269-73.
- Thomasset A. *Bioelectrical proporties of tissues*. Lyon Medical, 1963; 209: 1325-52.
- Thomasset A. *Mesure du volume des liquides extracellulaires par le methode electro-chimique. Signification bio-physique de l'impedance a kilocycle du corps humain*. Lyon Medical. 1965; 214: 131.
- Vaché C, Rousset P, Gachon P, Gachon AM y cols. Bioelectrical impedance analysis measurements of total body water and extracellular water in healthy elderly subjects. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 537-43.
- Van Loan MD, Mayclin PL. Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water ?. *Human Biol* 1987; 59: 299-309.
- Van Loan MD. Biolectrical Impedance Analysis to Determine Fat-Free Mass, Total Body Water and Body Fat. *Sports Medicine* 1990; 10(4): 205-217.
- Van Loan MD, Mayclin PL. Use of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for the estimation of extracellular fluid. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 117-24.
- Wells JCK, Douros I, Fuller NJ, Elia M, Dekker L. Assesment of body volume using three-dimensional photonic scanning. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904: 247-254.
- Zarowitz BJ, Pilla AM. Bioelectrical Impedance in Clinical Practice. *DICP, The Annals of Pharmacotherapy* 1989; Vol.23.

8.C. APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE COMPOSICIÓN CORPORAL AL DEPORTE

Julieta Aréchiga Viramontes
M. Isabel Maestre López
Ángel Herrero de Lucas

8.C.1. Introducción

La composición corporal (CC) plantea una serie de dilemas de tipo conceptual y metodológico a antropólogos y científicos, principalmente en la dificultad para compartimentar al hombre y la definición de los componentes que integran el ser humano (Behnke, 1961; Brozek, 1963; Cohn y Dombrowski, 1971; Behnke y Wilmore, 1974; Jackson y Pollock, 1978; Conway, Norris y Bodwell, 1984; Drinkwater, 1984; Lohman, 1984; Baumgartner, Roche, Guo, Lohman, Boileau y Slaughter, 1986; Forbes, 1987; Chumlea y Baumgartner, 1990 y González, Pujol, Porta, Banquells, Prat y Capdevilla, 1992).

La fragmentación del cuerpo humano conlleva problemas, así como la propia definición de composición corporal ha suscitado no poca controversia (Siri, 1956; Brozek, 1963; Parízková, 1977, Katch, Campaigne, Freedson, Sady, Katch y Behnke, 1980; Buskirk y Méndez, 1984) dando lugar a métodos muy diferentes entre sí, basados en las formas heterogéneas de analizar los distintos componentes corporales, que van desde la concentración de diferentes tipos de átomos o moléculas equiparables a los distintos tejidos: potasio total a masa celular; calcio a masa ósea, carbono a masa grasa y nitrógeno a masa muscular (Roubenoff y Kehayias, 1994), hasta la proporción de diversos tejidos, órganos o sistemas (Elia, 1992; Roubenoff y Kehayias, 1994); mientras que otros autores han aplicado una concepción más biológica de la composición corporal, buscando similitudes con modelos anatómicos como los propuestos por Matiegka (1921), y defendidos por otros autores posteriormente (Keys y Brozek, 1953; Behnke, 1961; Brozek, 1963; Holliday, 1978; Drinkwater, Martin, Ross y Clarys, 1986; Ross, Eiben, Ward, Martin, Drinkwater y Clarys, 1986, etc).

El propio autor que propuso la distribución del cuerpo en dos componentes, Behnke, reconoce que los constituyentes principales del cuerpo humano son la grasa, músculo y hueso. El modelo bicompartimental, masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG) fue el primero estudiado y su función consistía en evaluar la MG del organismo como entidad protectora ante situaciones especiales, por ejemplo, en casos de naufragio.

La estimación de la CC es un factor fundamental en la evaluación de los deportistas de alto rendimiento. Debería ser un trabajo conjunto de los servicios médicos y cuerpo técnico deportivo, para decidir la composición corporal "ideal" del deportista en función de los requisitos técnicos del deporte, y las posiciones en el terreno de juego de los jugadores o categorías de peso. La técnica antropométrica puede analizar la morfología y contribuir simultáneamente a la estimación de la composición corporal, que para ser útil a los objetivos perseguidos, hace aconsejable aplicarla según el procedimiento que fracciona el cuerpo en cuatro componentes, siempre teniendo en cuenta que hay parámetros de marcado carácter genético: porcentaje o peso óseo (PO) y peso residual (PR); y otros que pueden modificarse con el entrenamiento y la dieta: porcentaje o peso graso (PG) y peso muscular (PM).

8.C.2. Efectos del deporte de alto rendimiento en la variación de la composición corporal

En los deportistas de alto rendimiento la estimación de la composición corporal y la proporcionalidad deberían tener mayor importancia que la determinación directa del peso corporal, siendo una de las funciones principales de los médicos especialistas incidir en el porcentaje graso o PG, porque el factor de desventaja no es tanto el sobrepeso como el exceso de masa grasa o MG que constituye una fracción del peso total no útil. Por tanto, los facultativos deben luchar contra una de las grandes obsesiones en el deporte entre los responsables y directores técnicos, independientemente del deporte considerado, como es la excesiva importancia que dan al hipotético "peso ideal" que deben tener sus atletas. Existe una

idea que nosotros consideramos erróneamente generalizada y extraordinariamente extendida de que, al disminuir levemente el peso, mejora el rendimiento del deportista. Este hecho, en muchas ocasiones es objetivamente incuestionable como demuestra la experiencia, sin embargo, hay que destacar que reducirlo excesivamente no es sinónimo de mejorar en la misma proporción el rendimiento deportivo, sino en muchas ocasiones todo lo contrario, debido a la repercusión de la disminución de peso en los distintos componentes corporales.

La fuerza es un factor que está adquiriendo una importancia creciente por la diferencia en el incremento que se observa entre los atletas de diferentes modalidades. Existe una relación directa entre la fuerza máxima y la masa muscular, por tanto, en determinados deportes, aquellos que tradicionalmente se han clasificado como deportes de fuerza o de combate (halterofilia, lucha, judo, etc.), su desarrollo en áreas concretas del cuerpo se considera mejor indicador del rendimiento deportivo que la relación entre porcentaje de masa no grasa y el porcentaje graso. Asimismo, en estos deportes, una mayor masa muscular favorece la velocidad y precisión en la ejecución de los gestos deportivos. Si un cambio en el peso total del individuo repercute en la disminución de la masa grasa, favorecemos su rendimiento en estos deportes, pero si la disminución afecta a la masa muscular, estamos disminuyendo la fuerza que es capaz de desarrollar el individuo y, por tanto, estamos ante una disminución de su rendimiento.

Los deportes de fuerza forman un grupo heterogéneo que dependen fundamentalmente de las cualidades de potencia y resistencia para conseguir el éxito deportivo, donde el factor tiempo es poco importante, ya que el ritmo de competiciones no está sometido a una regularidad cíclica estricta, a excepción del piragüismo, donde los plazos estacionales son muy significativos. La fuerza que se ejerce en estas modalidades deportivas debe realizarse de forma centrípeta o centrífuga, dependiendo de si la resistencia antagónica es externa y constante (piragüismo o lanzamientos de disco, martillo, peso y jabalina), externa y variable (halterofilia) o producida por un oponente (deportes de combate: judo, boxeo, lucha y esgrima).

La cineantropometría nos permite regular y seguir algunas variables imprescindibles para el éxito deportivo, controlando exhaustivamente a aquellos atletas sometidos a regímenes dietéticos especiales, importantísimo en los deportes de alto rendimiento clasificados por categorías de peso, y que requieren aumentar o disminuirlo en una temporada, o a lo largo del tiempo, para mejorar su capacidad competitiva, también para disminuir el exceso de peso.

Es importante insistir en que la MG no es especialmente importante como fuente de energía en los deportistas de alto rendimiento, y en la mayoría de los casos solo aporta aumento de peso no útil, sobre todo a efectos propulsores en los deportes donde la velocidad es un factor fundamental, creando un *feed-back* negativo, pues cuanto mayor es la proporción de grasa frente a MM (encargada de la propulsión motora) mayor es el gasto de la aceleración y deceleración y es necesaria más energía para eliminarla.

El conocimiento de la composición corporal de los deportistas, y concretamente de la grasa corporal, es primordial para la planificación de la temporada, y para que el deportista llegue al momento más importante de la competición con la cantidad de MG corporal idónea para obtener el máximo rendimiento; además, es preciso tener en cuenta que este componente varía muy rápidamente en relación con los otros segmentos corporales (por efecto de lesiones, periodos de reposo, transgresiones en la dieta, etc...).

La valoración de la CC es especialmente importante en el control de la respuesta al entrenamiento. Cualquier oscilación en la masa corporal o MC merece atención porque nos alerta de una oscilación en uno o varios componentes. En el entrenamiento de fuerza cabe esperar un aumento de la masa muscular (MM) debido a la hipertrofia de la musculatura. Sin embargo, la MC podría aumentar por tejido adiposo, relacionada casi siempre con un exceso o una inadecuada ingesta calórica. Por otro lado, es posible que un programa de entrenamiento no produzca cambios en el peso, pero que sí modifique la composición corporal, aumentando la proporción de tejido muscular y disminuyendo la proporción de tejido adiposo. La lipólisis durante el ejercicio, o el adelgazamiento mediante dieta, no afecta por igual a todos los depósitos grasos. Por ejemplo, en los hombres la grasa subcutánea abdominal experimente cambios más notables que la grasa subcutánea del muslo o la pierna; por tanto, en los hombres cualquier cambio en el porcentaje de grasa corporal se puede detectar mucho antes, si se efectúa un análisis de la CC en la región del tronco en vez de las extremidades.

El tejido adiposo tiene un componente mixto. Su base es genética, ya que el número de adipocitos no se puede modificar una vez establecidos tras la pubertad, pero diversos factores (socioeconómicos, culturales, deportivos, nutritivos, etc.) pueden modificar su tamaño, acumulando mayor cantidad de grasa.

Si bien el tejido adiposo subcutáneo abdominal es el primero en verse afectado, contrariamente a la creencia popular, los cambios que experimenta la grasa abdominal no están relacionados con la cantidad de actividad física realizada sobre la misma, sino que es directamente proporcional al balance calórico. Esto se ha comprobado en ciclistas de ruta, que apenas realizan ejercicio físico con la musculatura abdominal y de los brazos durante la temporada, en los que la pérdida de grasa afecta fundamentalmente a los pliegues subescapular y tricipital. Por el contrario, cuando el balance calórico es positivo, aumenta la grasa corporal en múltiples localizaciones, pero especialmente la masa grasa abdominal en los hombres y la glútea en las mujeres.

La fisiología del deporte y la cineantropometría tienen una relación tan estrecha que en numerosas ocasiones se ha obviado, aunque la MG *per se* no tiene ninguna incidencia directa sobre el sistema respiratorio o cardiovascular. El acúmulo de grasa es inversamente proporcional al rendimiento deportivo, en especial en los deportes de naturaleza aeróbica, por tanto, a la resistencia cardiovascular. En los deportes de equipo, sin embargo, el rendimiento es tanto mejor cuanto más anaeróbico, el deporte. La razón es que estos deportes requieren aceleración y momentos de inercia en forma de velocidad y explosividad (saltos, cambios de dirección, etc.) en la ejecución biomecánica de los gestos deportivos. A una velocidad o tiempo de aceleración determinada, la MG es directamente proporcional al porcentaje de VO_2máx. utilizado durante esa fase del ejercicio físico; e inversamente proporcional al trabajo necesario para desarrollar un gesto deportivo de forma eficaz.

El exceso de tejido adiposo incrementa la MC disminuyendo la aceleración, lo que requiere aumentar la fuerza ejercida incrementando el gasto energético, acelerando el proceso fisiológico de la fatiga muscular. En deportes clasificados por peso, tradicionalmente se ha dado importancia al entrenamiento en situación de ligero exceso de MG, para aumentar la velocidad de ejecución de los movimientos al eliminarla antes de la competición, de donde se deduce que su monitorización exacta es fundamental para no perder concomitantemente MM.

Por otro lado, la MG produce un descenso inversamente proporcional de la superficie en relación a su MC, de tal forma que el calor generado por el incremento del metabolismo muscular en acción se disipa y pierde; esto es un factor de desventaja en deportes aeróbicos de resistencia cardiovascular, porque su tolerancia al calor sería menor, así cuanto mayor es la MG, más efectiva es la pérdida de calor cuando la temperatura ambiental es menor que la corporal. Como la cantidad de energía calórica para elevar el calor específico (o temperatura para aumentar una unidad de tejido adiposo determinada), por efecto de diferencias en la concentración tisular de agua, es menor en deportistas con baja MG; esto indicaría que a mayor tejido adiposo más se elevará la temperatura como unidad calórica por unidad de masa, proceso muy importante si tenemos en cuenta que el 75% de la conversión de energía del cuerpo humano se pierde en forma de energía calórica. Hay una disminución de la capacidad técnica y rendimiento (entendiendo rendimiento como: la capacidad de los diversos sistemas del organismo para producir energía) por aumento del metabolismo anaeróbico, que origina un estrés térmico proporcional al exceso de MG. Curiosamente solo hay una modalidad deportiva donde este proceso fisiológico es favorable cuanto mayor es el acúmulo de MG, y es la natación de larga distancia en canales, ríos o mar abierto (no en piscina).

Los deportistas pueden sufrir procesos de deshidratación, sobre todo en aquellos que se clasifican según categorías por peso. En ocasiones lo reducen de forma drástica mediante dietas severas y otros métodos (laxantes, sauna, etc.) que pueden originar deshidratación, que se da con más frecuencia en los pesos más bajos ya que se intenta mantener la categoría con el paso de los años, a expensas del desarrollo corporal. Estos cambios extremos, si bien se conoce que fisiológicamente afectan la función endocrina y por tanto el metabolismo graso, no suelen afectar el rendimiento en aquellos deportes de predominio anaeróbico y de acciones técnicas de corta duración (halterofilia, lucha, judo, etc.); porque en estos casos se produce una reducción del flujo sanguíneo a piel y músculo con déficit de glucógeno muscular, sales minerales y sudor. La hidratación rápida previa a la competición solo compensa la pérdida de las sales; y el resto de carencias afectaría el gesto técnico, por lo que en igualdad de condiciones los deportistas de técnica más depurada tienen ventaja competitiva.

La hipótesis sobre la importancia de una determinada cantidad de grasa se sustenta fundamentalmente en los resultados obtenidos en deportistas que han tenido éxito. La cantidad de grasa para obtener los mejores resultados varía según la especialidad deportiva. Valga para explicarlo dos ejemplos. En los nadadores, el tejido adiposo tiene una clara función protectora frente al medio acuático. Una cantidad de grasa corporal podría ser necesaria para favorecer la flotabilidad, al tiempo que reduce la fricción hidrodinámica, ya que la grasa tiene una densidad menor de uno, por tanto, la superficie corporal en contacto directo con el agua es menor; así, alcanzar una masa grasa suficiente es una ventaja para mejorar la flotabilidad y la protección del cuerpo frente a la temperatura del agua, y una desventaja, al tener que movilizar una mayor masa, que aumenta la resistencia del agua al aumentar la superficie corporal con motivo de un acúmulo de grasa subcutánea. Por eso es importante encontrar el equilibrio entre estos dos factores determinando y controlando la masa grasa óptima para alcanzar dicho equilibrio. El segundo ejemplo lo constituye los lanzadores de peso y martillo, que necesitan equilibrar su cuerpo durante los giros que realizan en el lanzamiento, y a mayor masa corporal mayor estabilidad por el equilibrio resultante de las fuerzas gravitatorias que juegan a favor de la estática y de la inercia que influyen en la dinámica corporal y que confluyen en la optimización del gesto deportivo.

En algunas modalidades deportivas se trata de mantener un aspecto corporal estéticamente aceptable, a expensas de reducir el peso corporal, en muchos casos hasta un punto que contradice la biomecánica del propio deporte, tratando de conservar y/o incrementar la MM (gimnasia rítmica, patinaje artístico, natación sincronizada). El extremo contrario lo representan los deportes de fuerza, donde a igualdad de MM, el depósito de grasa central supone una ventaja biomecánica.

En la actualidad, más que el porcentaje de grasa se aboga por la construcción de un perfil de distribución de tejido adiposo (muchas veces se ha utilizado el porcentaje graso por comodidad), mediante el conjunto de un número determinado de pliegues, que varios autores han teorizado que no deberían ser inferiores en número a seis, que permite señalar en qué región corporal el acúmulo de masa grasa es mayor, y actuar sobre ellos para comprobar si se producen cambios en el tiempo con la alimentación y el entrenamiento. El deporte de alto rendimiento hace que ciertos músculos se desarrollen de manera diferente en función de la utilidad biomecánica del gesto deportivo, por lo que se almacena grasa en esas zonas menos activas, que es "peso muerto" y que conviene eliminar, actuando, como hemos mencionado, sobre el entrenamiento y/o dieta.

El factor biomecánico es determinante en deportes donde influye en gran medida el área de proyección frontal, como son los deportes que incluyen altas velocidades en situación de flexión de tronco (en angulación variable): ciclistas, patinadores y esquiadores (sobre todo en los saltos de esquí), donde los pliegues cutáneos del miembro superior son muy importantes, pues cuanto mayor sea su conjunto, mayor es el peso inerte que tiene que sujetar el tronco.

Estamos ante la evidencia de que no podemos separar el análisis morfológico de la estimación de la composición corporal y del perfil de las proporciones corporales, tal como se expresa en la definición misma del concepto de cineantropometría.

8.C.2.1. Clasificación de los deportes. Factores biomecánicos y regionales

Clasificamos los deportes en función de su ventaja competitiva debido a factores biomecánicos o factores regionales (distribución de MG), basada en el depósito central o periférico de tejido adiposo, que cineantropométricamente medimos por los pliegues cutáneos abdominal y de muslo anterior.

A. Factores biomecánicos

Atendiendo a la repercusión de la masa grasa sobre el perfil biomecánico, los deportes pueden clasificarse en modalidades asociadas a una baja, moderada o alta masa grasa:

- *Baja masa grasa:* deportes con aspectos estéticos donde se juzga la técnica y la apariencia física, corredores de fondo y velocistas, saltadores, gimnastas, ciclismo, triatlón, baloncesto, fútbol, voleibol.
- *Moderada masa grasa:* deportes de raqueta (tenis, tenis de mesa y badmington), béisbol, vela y cricket.

- *Alta masa grasa*: deportes de contacto como lucha, judo, boxeo, artes marciales (sobre todo si se clasifican por peso, y es tanto más eficaz cuanto mayor es la categoría de masa corporal), lanzadores (disco, martillo y peso), piragüismo, halterofilia, natación (largas distancias) y rugby.

B. Factores regionales

Desde un punto de vista más morfológico, en armonía con el concepto de somatotipo, se pueden clasificar los deportes en aquellos en los que el gesto deportivo se realiza con mayor pureza si el individuo presenta un morfotipo ginoide o androide.

- *Morfotipo ginoide* (distribución periférica de grasa, pliegue cutáneo de muslo mayor que el abdominal): decatlón, corredores de media distancia (800 y 1500 m), marchadores, lanzadores de jabalina y saltadores de longitud y triple salto. Todas las mujeres deportistas por efecto de su género tienen un morfotipo ginoide, independientemente del deporte que practiquen.
- *Morfotipo androide* (distribución central de grasa, pliegue de abdomen mayor que el de muslo anterior): lanzadores de disco, peso y martillo.

Al analizar la MM debemos distinguir primero tres conceptos: fuerza, potencia y resistencia muscular. La ***fuerza muscular*** es la máxima cantidad de fuerza que un músculo o grupo de músculos puede generar. La ***potencia muscular*** es el producto de la fuerza por la velocidad de movimiento; y la ***resistencia muscular*** es la capacidad de un músculo para realizar una acción mecánica única o una serie de acciones musculares repetidas de forma periódica o inconstante.

Para el médico deportivo es imprescindible saber que el incremento de fuerza al principio es consecuencia de factores neuronales, al aumentar el reclutamiento de unidades motoras para actuar simultáneamente; pero el desarrollo a largo plazo es resultado fundamentalmente de la hipertrofia muscular que se consigue con entrenamientos cíclicos de resistencia. La masa muscular aumenta en respuesta al entrenamiento de fuerza y, en menor medida, en respuesta al entrenamiento de resistencia. Solo aquellos músculos sometidos a sobrecarga experimentan hipertrofia y, viceversa, solo los músculos inmovilizados sufren atrofia.

Por lo tanto, en la evaluación de los efectos de un programa de entrenamiento, ya sea en el contexto del deporte o la rehabilitación postlesión, tiene gran interés el estudio de los segmentos corporales de masa muscular. La MM es elevada en términos generales en halterofilia, boxeo, baloncesto y rugby. Por segmentos corporales la masa muscular predomina en tronco y MMSS en piragüismo, es alta en MMSS en judo y gimnasia, y en MMII en piragüismo (remo), carreras de velocidad, esgrima y ciclismo.

En el deporte de alto rendimiento la MM es muy importante no solamente por su implicación en la ejecución del gesto técnico, sino en el control del entrenamiento, pues una de las características más prematuras del efecto de sobreentrenamiento es una disminución de la masa magra, principalmente de la masa muscular.

Un 16,3-25,7% de la masa corporal en términos medios es tejido óseo, condicionada en gran medida por la proporción relativa de los otros compartimentos tisulares y el tipo, cantidad e intensidad del ejercicio físico desarrollado. Si bien se acepta un fuerte componente genético para la longitud de los huesos, anchura, mineralización, grosor de cortical y masa de hueso, como han demostrado estudios con gemelos monocigotos y dicigotos, la masa ósea (MO), que contribuyendo a formar la masa corporal predispone a los individuos para determinados deportes, estaría determinado, asimismo, por otros factores además de los genéticos.

La práctica de deportes de fuerza o los que potencian la MM están asociados a un incremento de la MO. En el otro extremo, la práctica de deportes de resistencia, precarreras de larga distancia, se vinculan con la pérdida de MO, especialmente en mujeres deportistas amenorreicas.

La masa ósea es también un factor dinámico lógicamente cambia en menor medida que la masa grasa o la masa muscular con el entrenamiento, pero no es un factor estático como se ha creído durante muchos años. Por ello hay que incorporarla de nuevo a los estudios cineantropométricos, sobre todo debido a que tiene una gran importancia en los deportes acuáticos y por su influencia en el desarrollo de osteoporosis en mujeres atletas.

Los médicos deportivos se centrarán primeramente en los componentes de influencia genética menor, en este sentido y en orden decreciente, tejido graso, muscular, óseo y residual.

8.C.3. Aplicación del análisis de la composición corporal al deporte en las etapas de crecimiento

El conocimiento de la composición corporal es cada vez más importante en el ámbito de la actividad física y de la medicina del deporte, en la medida en que la salud y la capacidad funcional del individuo dependen de la cantidad y de la proporción de sus tejidos fundamentales. La actividad física es uno de los factores más importantes que influyen en la composición corporal porque puede modificar los volúmenes parciales de grasa corporal, masa muscular y masa ósea (Rebato y Rosique, 2003), especialmente en las etapas iniciales de la vida. Su variación es debida probablemente a los cambios en la alimentación en las etapas preescolar y escolar, y a una actividad deportiva más intensa en edades adolescentes y en edades adultas tempranas.

Sin embargo, la mayor dificultad estriba en diferenciar los cambios propiamente atribuibles al crecimiento (aumento de la masa muscular en varones adolescentes, el incremento de la masa grasa en mujeres adolescentes) y el efecto realmente atribuible al entrenamiento deportivo (Bailey y cols., 1986; Velasco y cols., 1988; Malina y Bouchard, 1991).

8.C.3.1. Cambios en la composición corporal durante la adolescencia

La adolescencia es la etapa de mayor variabilidad en el cambio de forma y composición corporal desde las fases intrauterina y preescolar. En la adolescencia, el peso corporal total aumenta de forma paralela al crecimiento lineal, con un retraso de varios meses con respecto a aquel, dotando al adolescente de un aspecto, primero alargado y desproporcionadamente delgado, que resulta posteriormente más equilibrado. El peso puberal aumenta hasta llegar aproximadamente al 40% del peso adulto.

La masa muscular también aumenta, lo que va seguido varios meses más tarde por un incremento en la fuerza; los niños varones muestran un mayor aumento de ambos componentes. La masa corporal magra, aproximadamente el 80% en el niño prepúber como promedio, aumenta en los niños hasta el 90% y disminuye en las niñas hasta el 75%, a medida que se acumula la grasa subcutánea, ya que como respuesta a los cambios hormonales tienen lugar modificaciones de los tejidos corporales diferentes entre ambos sexos: en los varones, la testosterona contribuye a un aumento de la masa muscular y esquelética, por ello, aunque el peso graso se mantiene aproximadamente constante, aumenta progresivamente el componente muscular; en las niñas, por el contrario, es el tejido adiposo el que experimenta una mayor ganancia, siendo necesaria una cierta proporción de grasa para que se produzca la primera menstruación (Moreno y cols., 1999).

Habitualmente se han tomado como valores referentes para el control del crecimiento los correspondientes al peso y la talla del individuo, sin embargo, hemos visto cómo la proporción de los distintos componentes puede producirse independientemente de que los sujetos tengan un mismo peso o una misma talla. Por ello, el control de peso como única variable de la masa del individuo no es suficiente para determinar el efecto del ejercicio en la modificación de su condición física. Asimismo, el control de la talla sólo nos ofrece información sobre el tejido óseo, pero no sobre los demás tejidos.

8.C.3.2. Cambios inducidos por el ejercicio en la composicion corporal del adolescente

El inicio de la actividad deportiva suele situarse en torno a la preadolescencia, entre los 8 a 12 años, para la mayor parte de los deportes. Sin embargo, en esta etapa generalmente se realiza una actividad deportiva variada y es en la adolescencia cuando se encuentran más definidas las tendencias hacia las distintas especialidades deportivas. El peso total de los adolescentes puede cambiar con la práctica deportiva, sobre todo porque modifica los volúmenes parciales de grasa corporal, masa muscular y masa ósea. Sin embargo, la mayor dificultad consiste en diferenciar, por una parte,

los cambios propiamente debidos al crecimiento, como el crecimiento puberal de la masa muscular en los varones y el incremento de la masa grasa en las chicas, y por otra parte, el efecto real del entrenamiento deportivo sobre la composición corporal (Bailey y cols., 1986; Zelasko y cols., 1988; Malina y Bouchard, 1991).

En general, la práctica deportiva provoca un aumento de la masa libre de grasa y una disminución de la masa grasa, si bien estos efectos dependen de la intensidad y la duración de los programas de entrenamiento, que además se ven influidos por los cambios propios de cada segmento de edad y muestra diferencias, a veces muy sutiles y otras muy significativas, en función de la edad y el sexo de los deportistas. Por esta razón parece más adecuado analizar las posibles modificaciones, por separado, de cada uno de los tejidos implicados en la composición corporal.

Cambios de la masa grasa inducidos por el deporte en adolescentes

La grasa corporal es el componente más variable del organismo y difiere entre individuos de igual sexo, edad, altura y peso (Tojo, 2001). Se encuentra fundamentalmente en dos grandes depósitos: uno para lípidos esenciales, y otro como reserva general de grasa. Los lípidos esenciales se localizan en médula ósea, sistema nervioso central, glándulas mamarias y otros órganos, y son necesarios para el normal funcionamiento del organismo. La grasa de depósito se encuentra en el tejido subcutáneo.

La pérdida general de grasa acompaña a la adolescencia masculina normal (Malina, 1982), y está en relación con la maduración sexual. Así, en el sexo femenino con menarquia, son mayores los parámetros pondoestaturales e indicadores de masa grasa y magra, que en aquellas chicas en las que la menarquia está ausente. En el sexo masculino con pubertad presente, son superiores los parámetros pondoestaturales e indicadores de la masa magra, pero presentan menores medidas en los indicadores de masa grasa corporal (Mur de Fenne, Fleta y Moreno Aznar, 1995).

El aumento del gasto energético que supone el ejercicio físico, provoca una movilización de la grasa de reserva y, en consecuencia, una disminución de la grasa corporal. En general, los estudios muestran que la grasa corporal, medida generalmente por medio de los pliegues de grasa subcutáneos, está menos elevada en el caso de los niños y adolescentes de alto nivel de actividad física que en el caso de los que no realizan deporte (Rebato y Rosique, 2003).

Por otra parte, se ha visto que a mayor tiempo dedicado al deporte y a mayor intensidad de la actividad física es menor la medida de los indicadores de grasa corporal (Mur de Fenne, Fleta y Moreno Aznar, 1995).

Estas diferencias aparecen en estudios transversales de crecimiento (Zelasko y cols., 1988); sin embargo, en los estudios longitudinales, los resultados no son consistentes. Así, Prazikova (1977) muestra en el caso de niños entre 13 y 18 años, que se producen cambios de la cantidad de grasa corporal en función del nivel de entrenamiento, mientras que Malina (1998) indica que no existen diferencias en los estudios longitudinales en relación con la grasa corporal, incluso teniendo en cuenta el estudio realizado por Prazikova.

Si nos fijamos, sin embargo, en adolescentes que realizan deporte a un nivel intermedio entre la actividad física normal y de alta competición, hay estudios que muestran cómo el incremento de la masa grasa es más rápido en los deportistas en edades adolescentes tempranas, hasta los 12 años, en los que se observa en la población deportista mayor grado de desarrollo puberal que en los adolescente de vida más sedentaria, disminuyendo su incremento hacia edades adolescentes tardías, con mayor tiempo de entrenamiento acumulado; mientras que en los adolescentes sedentarios el incremento es más acusado para edades adolescentes intermedias y tardías, a partir de los 13 años (Mur de Frenne, 1992; Maestre, 2004) especialmente en el sexo masculino. Los varones verían mejorados sus rendimientos deportivos por el efecto de la testosterona sobre el desarrollo muscular, dotando a los maduradores precoces de mayor fuerza y resistencia musculares. Esto podría apuntar una cierta selección en la incorporación a las actividades deportivas de aquellos sujetos que son maduradores precoces.

Los efectos del ejercicio sobre la masa grasa de las adolescentes mujeres, difiere sutilmente respecto a sus compañeros varones, sobre todo si se tiene en cuenta su grado de desarrollo puberal. La masa gra-

sa en niñas tiende a aumentar con la edad, tanto en deportistas como en niñas más sedentarias, presentando un incremento más rápido en sedentarias a edades adolescentes tempranas, antes de los 13 años, mientras que en el caso de las deportistas, el máximo incremento se produce a partir de los 13 años, resultando significativo que se encuentra una mayor presencia de menarquia en edades adolescentes tardías (Gray, 1983; Malina, 1986; Mur de Frenne, 1992; Maestre, 2004), que observan que, al contrario que en varones, los rendimientos deportivos en las chicas mejoran si el desarrollo puberal se produce en edades más avanzadas. Habría que tener en cuenta, sin embargo, que las especialidades deportivas practicadas por varones y mujeres en estas edades difieren, a veces notablemente, en cuanto a sus requerimientos y perfiles biomecánicos óptimos.

La disminución de la grasa corporal, debido al entrenamiento deportivo, provoca también cambios en la distribución de la grasa. Después de un periodo de entrenamiento intenso de 15 a 20 semanas, la disminución de la grasa, en el caso de los varones, es más elevada en lo que se refiere al tronco más que a las extremidades, mientras que un entrenamiento similar produce, en el caso de las chicas, una disminución parecida en las extremidades y en el tronco (Malina, 1998). De esta forma, el entrenamiento no solo hace disminuir la cantidad de grasa corporal sino que puede modificar la distribución de la grasa, que se hace más evidente cuanto mayor es el periodo de entrenamiento, por lo que es más identificable en deportistas adolescentes tardíos que llevan varias temporadas incorporados a las actividades deportivas extraescolares.

Esto se traduce en ciertas ventajas sobre el control y la prevención de algunas patologías, especialmente las enfermedades cardiovasculares, puesto que el ejercicio mejora el perfil lipídico del plasma, aumentando las HDL y disminuyendo las LDL. En algunos casos disminuye, incluso, el colesterol total y los triglicéridos (VLDL) (Tojo, 2001), revelando la práctica deportiva en la adolescencia como un factor que ayuda a mantener un buen nivel de salud. Sin embargo, la disminución de la grasa corporal no implica una disminución del número de adipocitos, sino solamente de su tamaño, por lo cual, cuando cesa la actividad deportiva, se produce un aumento rápido de la cantidad de grasa si no hay restricción de la ingesta (Malina y Bouchard, 1991). Por ello resulta fundamental la generación de hábitos de alimentación saludables, ya que la ingesta se convierte en un importante factor regulador de la composición corporal en la mayor parte de los adolescentes, que hacia las primeras etapas de la vida adulta van abandonando la práctica deportiva, salvo que la conviertan en su medio de vida, o lo mantengan como actividad importante dentro de su estilo vital.

Cambios de la masa muscular inducidos por el deporte en la adolescencia

Durante la pubertad se produce un aumento intenso de la masa muscular, más acentuada en el caso de los chicos que en el de las chicas, que acaba dificultado la interpretación de la influencia que puede tener la práctica deportiva sobre la masa muscular durante el crecimiento. La valoración de la masa muscular proporciona un índice de las reservas proteicas corporales.

Debemos tener en cuenta que, en el caso de los adultos, la hipertrofia muscular se produce tras un entrenamiento intenso de fuerza o de resistencia, pero no está claro que los mismos efectos se produzcan en el caso de los chicos, puesto que el número de estudios a este nivel es limitado (Malina, 1998); por otra parte, en edades prepuberales, no es posible determinar si se produce una hipertrofia muscular significativa debida al entrenamiento, además de la inducida por el propio proceso de crecimiento. Fournier y cols., (1982) mostraron que el entrenamiento de resistencia en adolescentes de 16 años provocaba un aumento significativo tanto de fibras musculares lentas (tipo 1) como rápidas (tipo 2); sin embargo, el entrenamiento de velocidad no producía cambios significativos en las fibras musculares.

Por otra parte, se ha constatado que en los varones, la maduración sexual temprana se relaciona con la fuerza y el rendimiento motor, por lo que no es posible discernir si los adolescentes varones que realizan deporte intenso y continuo desarrollan su fuerza muscular más en dependencia de la actividad física realizada o como consecuencia de su propio proceso madurativo.

Estos análisis indican que el entrenamiento provoca cambios similares en el caso de los adolescentes a los producidos en los adultos, pero la magnitud de la respuesta varía (Malina y Bouchard, 1991).

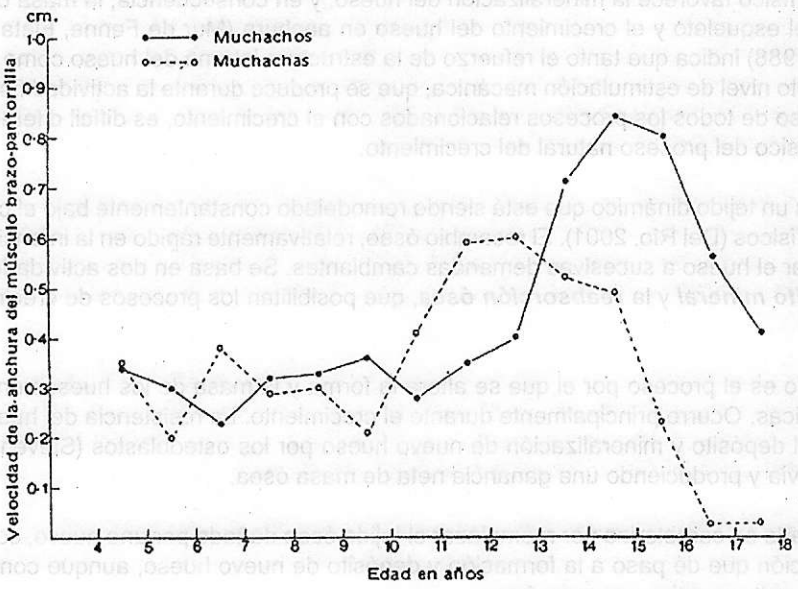


Figura 8.C.1. Velocidad de crecimiento muscular en la adolescencia: suma de la anchura de los músculos del brazo y la pantorrilla tal como aparecen en las radiografías (Tomado de: Tanner, Hughets y Whiterhouse, 1976)

La Figura 8.C.1 muestra el aumento de la masa muscular de los miembros, estimado mediante radiografías del brazo y la pierna, tomadas de manera que puedan distinguirse el hueso, el músculo y la grasa. El pico de velocidad de crecimiento del músculo es algo más tardío que el pico de velocidad de crecimiento estatural, y así ocurre simultáneamente con el pico de estatura sentado y el de anchura de la espalda, superior en el joven adolescente con respecto a las chicas.

Sin embargo, las mujeres adolescentes también experimentan un estirón muscular, y como este ocurre antes que en los varones, el promedio de las muchachas pasa por un corto periodo de tiempo en que poseen mayor musculatura que el varón. El aumento de tamaño de los músculos refleja la mayor cantidad de proteína contráctil y del número de núcleos lo cual es la base del gran aumento de fuerza que tiene lugar en esta etapa. Dicho fenómeno es mucho más notable en el varón que en la mujer probablemente influido por aspectos endocrinos (Tanner, 1978).

En un estudio realizado por nuestro grupo en 400 escolares que realizaban deporte extraescolar (Maestre y cols., 2004), se encontró que la masa muscular en varones deportistas es, en promedio, sólo ligeramente superior que en adolescentes sedentarios. Sin embargo al estudiar la variación interanual del los índices de masa muscular se observó que dicha variación es menor pero más homogénea en varones deportistas que sedentarios, que muestran unas variaciones más dispersas entre los distintos componentes, apuntando a un efecto armonizador de la actividad deportiva en el crecimiento del adolescente deportista. No se observó una tendencia tan definida en las deportistas femeninas.

El hecho de que existiendo una escasa variación en el "tamaño" corporal global en varones y mujeres deportistas, en comparación con sedentarios, sí exista variación en cuando a las proporciones de masa grasa y muscular, guarda relación con el hecho de que la masa ósea y residual no muestran alteraciones apreciables por el sexo y el deporte, sino que tales masas permanecen invariantes. En consecuencia, son las masas grasa y muscular las que se deben compensar por las variaciones de sexo y/o deporte.

Cambios de la masa ósea inducidos por el deporte en la adolescencia

El capital óseo de los adultos depende de la acumulación ósea que se ha producido durante el crecimiento y de la posterior pérdida con el paso de los años. La calidad y cantidad de masa ósea viene determinada por factores genéticos y ambientales.

El ejercicio físico favorece la mineralización del hueso, y en consecuencia, la masa ósea, modificando la densidad del esqueleto y el crecimiento del hueso en anchura (Mur de Fenne, Fleta y Moreno Aznar, 1995). Louis (1988) indica que tanto el refuerzo de la estructura interna del hueso como su hipertrofia necesitan un cierto nivel de estimulación mecánica, que se produce durante la actividad física. Sin embargo, como en el caso de todos los procesos relacionados con el crecimiento, es difícil diferenciar la influencia del ejercicio físico del proceso natural del crecimiento.

El hueso es un tejido dinámico que está siendo remodelado constantemente bajo el control de factores hormonales y físicos (Del Río, 2001). El recambio óseo, relativamente rápido en la infancia y adolescencia, permite adaptar el hueso a sucesivas demandas cambiantes. Se basa en dos actividades celulares básicas: el ***depósito mineral*** y la ***reabsorción ósea***, que posibilitan los procesos de crecimiento, modelado y remodelado.

- El modelado es el proceso por el que se altera la forma y la masa de los huesos en respuesta a cargas mecánicas. Ocurre principalmente durante el crecimiento. La resistencia del hueso se incrementa mediante el depósito y mineralización de nuevo hueso por los osteoblastos (Stevens,1998), sin reabsorción previa y produciendo una ganancia neta de masa ósea.

- El remodelado se caracteriza por reemplazar el tejido óseo dañado por uno nuevo, con una fase previa de reabsorción que dé paso a la formación y depósito de nuevo hueso, aunque con el tiempo resulta un balance neto negativo en masa ósea.

El diferente estado madurativo entre sujetos de la misma edad, puede hacer confusos los resultados del estudio de masa ósea en niños y adolescentes. En edades prepuberales (Tanner < 2) no hay diferencia en la masa ósea masculina y femenina. Pero a partir de estadio 4 de Tanner los varones tienen mayor contenido mineral óseo (BMC) que las mujeres. En general, durante la maduración del esqueleto, el BMC es mayor en los niños que en las niñas.

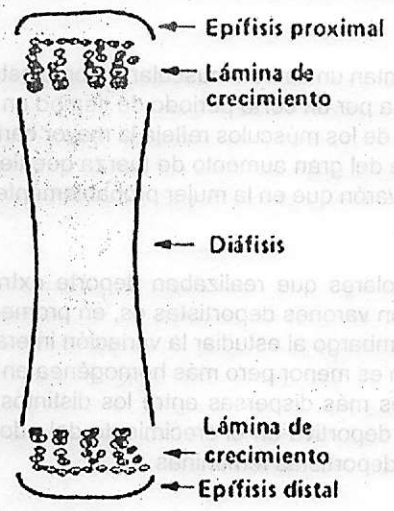


Figura 8.C.2.a. Diagrama del hueso en crecimiento.
a. Estructura macroscópica.
(Tomado de Tanner, 1986)

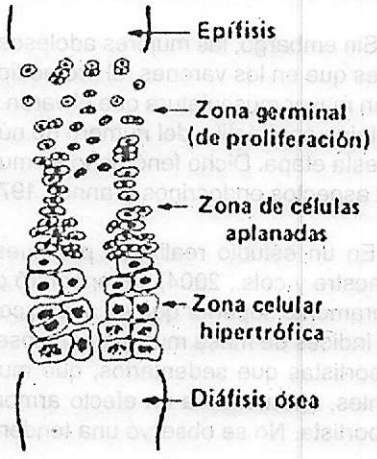


Figura 8.C.2.b. Diagrama del hueso en crecimiento.
b. Estructura miscroscópica, esquema de la unión epífiso-diafisaria.
(Tomado de Tanner, 1986)

Bailey (1977) indica que durante el pico de crecimiento puberal, sobre los 12,5 años en las chicas y los 14,5 años en los chicos, se produce un aumento neto de la mineralización del hueso que se completa en los años siguientes, y por tanto, es difícil separar la acción del ejercicio del efecto mismo del crecimiento.

En los estudios en los que los niños realizan actividades claramente asimétricas (tenis, béisbol, esgrima), se produce un aumento neto de la mineralización del brazo dominante.

En un estudio sobre 433 niños varones españoles, se encontró que la práctica de tres horas o más de actividad física extraescolar tiene un efecto beneficioso sobre la ganancia de capital óseo, sobre todo hacia los 14 años, coincidiendo con el estirón puberal (Jiménez Ramirez y López Calvet, 2001). Estos autores encuentran que, pese a no haber diferencias en la masa ósea de deportistas y controles en edades prepuberales, parece que el hacer deporte durante esa edad provoca una mayor ganancia de capital óseo en periodos de crecimiento posteriores.

Tambien es importante la cantidad de tiempo dedicada al deporte y la intensidad con la que este se lleva a cabo. Así, parece que la actividad desarrollada en las clases de educación física no es suficiente para mejorar la ganacia ósea durante el crecimiento. Por otra parte, en un estudio longitudinal sobre 45 gimnastas de élite, se observó que al cabo de un año, las gimnastas tenían un incremento del BMD de cuerpo entero de entre un 30 y un 80% mayor que las niñas control, todas ellas en el mismo estadio de Tanner. Esto se ha confirmado por varios estudios: Robinson y cols., 1995; Taafe y cols., 1995, 1997; Dyson (1997) quien, además, observó que la relación entre cargas de alto impacto y el BMD es similar entre hueso cortical y trabecular, sin que se observe un efecto hipertrofiante sobre este hueso.

Para evitar el sesgo que podría suponer que las diferencias encontradas pudieran existir antes del comienzo de la práctica deportiva, se han hecho estudios en deportes unilaterales para comparar el miembro dominante con el no dominante. En un estudio con tenistas entre 7 y 17 años se encontraron diferencias significativas en el BMD en todos los estadios de Tanner entre el brazo dominante y no dominante en el grupo de las tenistas, mientras que en los controles no se encontraron modificaciones.

Numerosos autores describen un efecto positivo del ejercicio sobre la mineralización ósea (Donaldson y cols., 1970), así como en la densidad de este tejido (Nilsson y Westlin, 1971; Bass y cols., 1998). Bass (1998) encontró en un estudio sobre 45 ginmastas de élite, prepuberales de 10 años, frente a 48 niñas control, que las gimnastas tenían un incremento de BMD, al cabo de un año de entrenamiento, de entre un 30 y un 80% más que las niñas sedentarias. Dyson (1997), comparando 16 gimnastas de élite con una media e entrenamiento de 18 horas semanales, con 16 niñas sedentarias sanas, todas ellas en un estadio de Tanner inferior a 2, observó los mismos resultados.

Un estudio realizado por nuestro grupo, y referenciado más arriba, mostró que los valores absolutos de la masa ósea, comparando adolescentes deportistas y sedentarios de ambos sexos, no difería significativamente, mientras que los índices de ambas masas sí lo hacían, lo que convierte a los índices en mejores estimadores de la variación interanual y entre grupos (deportistas, sedentarios, distinto sexo, distinta modalidad deportiva), y un medio más representativo de monitorización de sus cambios.

Parece necesaria la utilización de cargas de entrenamiento elevadas y un tiempo mínimo para que la actividad física se traduzca en una ganancia significativa de capital óseo, tal como encuentran diversos autores (Bass, 1998; Dyson, 1997; Haapasalo, 1998; Veromaa y cols., 2000). También parece ser que estas diferencias se establecerían en edades premenárquicas, no encontrándose diferencias significativas en adolescentes que ya tienen menstruaciones (Heinonnen y cols., 2000).

En resumen, podemos afirmar que los niños deportistas presentan mayor masa ósea que los niños sedentarios, aunque es necesario un determinado tiempo de entrenamiento y una cierta intensidad para que el efecto sea apreciable, siendo este efecto más intenso en los deportes que conllevan impactos y cargas de alta intensidad, favoreciendo más la ganancia de capital óseo (Vicente Rodríguez, 2003).

8.C.3.3. Control del grado de desarrollo y nivel nutricional mediante la estimación de la composición corporal

Un elemento clave en la vigilancia de la salud pediátrica es la evaluación del crecimiento. El crecimiento se entiende como un aumento volumétrico de la masa corporal ocasionado por el incremento en el tamaño y número de las células que constituyen el organismo, por lo que a menudo se ha valorado mediante

parámetros tales como la talla y el peso. Sin embargo, a medida que el niño crece, se van produciendo una serie de cambios que no solo se traducen en la adquisición de un mayor tamaño sino que afectan a las proporciones, composición y distribución de sus tejidos.

En tanto en cuanto el crecimiento implica un aumento de tamaño, es un mecanismo que puede medirse y expresarse numéricamente por medio del incremento de las dimensiones corporales en función del tiempo. Con esta finalidad se elaboran las curvas y tablas de crecimiento, que expresan de manera gráfica y numérica los valores antropométricos que se corresponden con la variación ontogénica normal.

Los patrones elaborados por Tanner en 1966 en población británica, y los realizados en Estados Unidos en las décadas de los 70 y 80 por el *National Center for Health Statistics* (NHCS), constituyen los patrones de referencia internacionales al haberse realizado sobre muestras muy amplias. Algunos de estos estudios, conocidos respectivamente por las siglas NHANES I y II (*National Health and Nutrition Examination Surveys*), fueron posteriormente reagrupados por Frisancho (1990) con el fin de publicar nuevos estándares antropométricos para la valoración del crecimiento y la condición nutricional. Son bastante representativos del crecimiento en etapas preescolares, sin embargo, su representatividad para edades adolescentes es más escasa debido a que el crecimiento en esta etapa está temporalmente relacionado con el inicio de la pubertad, que varía ampliamente (Nelson, 15ª ed.). La muestra de corte transversal del NCHS, basada únicamente en la edad cronológica, agrupa individuos en distintos estados madurativos. Así, los datos de niños a los 12 años, incluyen tanto niños de maduración temprana que se encuentran en el máximo de sus "estirones" de crecimiento, y los de maduración tardía que todavía están creciendo a su ritmo prepuberal. La conclusión es que el crecimiento final se estabiliza. Así, para los adolescentes, las variaciones normales de la edad en la que se produce el estirón de crecimiento pueden conducir a un diagnóstico erróneo de anomalías del mismo. Este hecho, ligado a las modificaciones que inducen en el desarrollo somático diversos factores medioambientales, como la práctica de actividades deportivas, frecuentes e intensas en este rango de edad, hace especialmente importante la necesidad de profundizar en el conocimiento de las trayectorias de las curvas de crecimiento, no solo de peso y talla, sino de los tejidos integrantes del organismo y otras variables antropométricas en edades adolescentes.

Uno de los factores más determinantes en el desarrollo es el grado de nutrición, ya que engloba y refleja el efecto de otros factores sobre el crecimiento. El estado nutricional afecta a cada uno de los aspectos de salud del niño y el adolescente, al actuar sobre la forma y composición de su organismo cambiante, incluyendo el crecimiento, el desarrollo, la aptitud para la actividad física y la respuesta a la enfermedad. De acuerdo con la OMS, la valoración del estado nutricional es uno de los mejores indicadores de salud, tanto individual como poblacional, especialmente en los niños y adolescentes, en los que el crecimiento y la maduración están en gran parte influidos por la nutrición. El hecho de que no todas las estructuras, los tejidos o los órganos crecen al mismo ritmo ni de manera simultánea, sino que *cada tipo de tejido posee su propio modelo y velocidad de crecimiento* (Tanner, 1989), supone una gran variabilidad en los componentes corporales, tanto en términos de forma como de proporción de diversos tejidos. Las alteraciones en la proporción de estos tejidos pueden relacionarse con el diferente estado de salud o enfermedad entre dos individuos de igual peso y estatura. La evaluación de la talla, es decir el crecimiento lineal del organismo, debe ser entendida como un método que únicamente hace referencia al estudio de un tejido, el óseo (Moreno Aznar y cols., 1999), siendo necesario conocer la variación del resto de los tejidos para evaluar, en cada momento, la normalidad o desviación de la norma del grado de crecimiento y desarrollo de un individuo.

Hemos visto como los valores de los distintos componentes varían con la edad, el grado de desarrollo puberal y el ejercicio físico. Comparados estos valores entre adolescentes sedentarios y adolescentes que realizan un mayor nivel de actividad física, y en función del grado de la misma, se encuentran diferencias suficientemente significativas como para que las curvas que representarían la variación de los distintos componentes, sean representativas de cada grupo. Este hecho haría posible la confección de gráficas percentiladas para los componentes corporales de deportistas en crecimiento, diferentes a las de los controles, que permitirían su monitorización durante los periodos de entrenamiento, para valorar el desarrollo armónico entre las distintas masas, permitiendo un mejor control de la salud del deportista adolescente.

8.C.4. Efectos de la actividad física en edades y situaciones especiales

La eficacia de la actividad física como factor modelador de la forma, proporciones y composición corporal ha sido ampliamente argumentada en el presente libro. Por otra parte, la Carta Internacional de la Educación física y el Deporte de la UNESCO, promulgada en 1978, dice en su artículo sexto: *6.- La investigación y la evaluación son elementos indispensables del desarrollo de la Educación Física y del Deporte.. 6.1.- La investigación y la evaluación en materia de Educación Física y Deporte, deberían favorecer el progreso del deporte en todas sus formas y contribuir a mejorar la salud y la seguridad de los participantes, así como los métodos de entrenamiento y las técnicas de organización y gestión. De ese modo, el sistema de educación se beneficia de las innovaciones apropiadas para mejorar tanto los métodos pedagógicos como el nivel de los resultados.* Este artículo pone en evidencia la misión que debe tener la investigación aplicada al deporte, sobre todo en lo que se refiere a la mejora de la salud y, en consecuencia, al logro de una mejor calidad de vida. Debemos hacer este concepto extensivo no solo a los deportistas, sino a todos los miembros de nuestra sociedad, con independencia de su edad, condición física y nivel de salud.

La salud, considerada actualmente un estado de bienestar social, mental y físico, más que la simple ausencia de enfermedad, es un preciado bien de los países industrializados. Los avances socioeconómicos acaecidos en los últimos cien años y su influencia en aspectos tales como la alimentación, la educación o la sanidad, se han traducido en una mejora de la salud de las poblaciones.

En España, como en otros países del entorno europeo, las enfermedades con mayor índice de morbimortalidad son las patologías crónicas de origen cardiovascular. Además influyen en la calidad de vida problemas de tipo metabólico, dolencias osteoarticulares, osteoporosis, etc. Todas ellas se relacionan, en general, con el estilo de vida y, en particular, con la alimentación, el ejercicio y el consumo de tabaco y alcohol. El conocimiento y modificación de ciertos hábitos de vida que suelen iniciarse en las edades adolescentes, se perfila así la actividad física como un medio eficaz de protección frente a conductas sociosanitarias perjudiciales. Pero podemos vislumbrar una puerta abierta al papel preventivo y regulador del ejercicio físico en otras etapas vitales y situaciones de salud/enfermedad de los individuos.

El ejercicio físico es un componente cada vez más presente en el ámbito de la salud, tanto por su faceta preventiva como por su capacidad promotora de la salud, en su concepto más global. En los últimos años hay una tendencia en el mundo deportivo infantil y juvenil hacia nuevas formas de práctica deportiva, globalizadas y no competitivas, ligadas a la búsqueda de objetivos más educativos que competitivos, a mejorar el desarrollo psicomotor, aumentar la capacidad física y desarrollar una buena formación de carácter y salud mediante el deporte durante las etapas infantil y adolescente temprana y media, para llegar a la adolescencia tardía y la juventud en condiciones óptimas de madurez física y emocional.

Es necesario ampliar los conocimientos sobre los cambios que induce el deporte en el organismo de los individuos en crecimiento, en la senectud, y en distintas condiciones de salud dado que la actividad física correctamente planteada para cada situación actúa como un factor claramente protector y promotor de salud.

El campo que se abre ante estas posibilidades es tan útil como apasionante. Pensemos en la forma de mejorar la calidad de vida de discapacitados, ancianos, personas afectadas por diversas enfermedades. Sin embargo, la gran variedad de situaciones que serían susceptibles de beneficiarse de este análisis hace que este apartado exceda la amplitud estimada de este compendio, por lo que será objeto de una próxima edición.

Bibliografía

- Baker LE. Principles of the BIA technique. *IEEE Eng Med Biol,* 1989,3: 11-15.
- Barber DC. A review of image reconstruction technique for electrical impedance tomography. *Med Phys* 1988; 16: 162-69.
- Baumgartner, RN, Chumlea WC y Roche AF. Associations Between Bioelectric Impedance and Anthropometric Variables. *Human Biology* 1987; Vol. 59, 2: 235-44.

- Baumgartner RN, Chumlea WC y Roche AF. Estimation of body composition from BIA of body segments. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 721-776.
- Baumgartner RN, Chumlea WC y Roche AF. Bioelectric Impedance for Body Composition. *Exercise and Sports Sciences Reviews* 1990; Vol.18.
- Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lichtman S, Wang Jr. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 1345-53.
- Booth RAD, Goddard BA, y Paton A. Measurements of fat thickness in man; a comparison of ultrasound, Harpenden calipers and electrical conductivity. *Br Nutr* 1966; 20: 719-23.
- Cordain L, Whicker RE, Johnson JE. Body composition determination in children using bioelectrical impedance. *Growth Dev Aging* 1988; 52: 37 40.
- Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross validation study. *Int J Obes* 1991; 15:17 25.
- Díaz EO, Villar J, Immink M, Gonzales T. Bioimpedance or anthropometry?. *Eur J Clin Nutr* 1989; 43:129 37.
- Eston RG, Kreitzman S, Lamb K, Brodie DA, Robson S, Carney J. Assessment of FFM by Hydrodensitometry, Skinfolds, Infra-Red Interactance and Electrical Impedance in boys and girls aged 11-12 years. *J Sports Sci* 1990; t8, nº2: 174-75.
- Fjeld CR, Freundt Thurne J, Schoeller DA. Total body water measured by dilution and bioelectrical impedance in well and malnourished children. *Pediatr Res* 1990; 27: 98 102.
- González de Suso JM, Pujol J, Porta J, Banquells M, Prat JA y Capdevila A. *Estudio de la Composicion Corporal por Resonancia Magnética en atletas de élite.* Simposio Internacional sobre Metabolismo y Nutrición en el Deporte. 1992; C.A.R., Barna.
- González de Suso JM y Porta J. *Determinación del tejido adiposo por Resonancia Magnética en deportistas.* Ministerio de Educación y Cultura. Investigación en Ciencias del Deporte, C.S.D., Madrid, 1996.
- Gray DA, Bray GA, Gemayel N, Kaplan K. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 255 60.
- Guo S, Roche AF, Chumlea WM. Body Composition Predictions From BEI. *Human Biology* 1987; Vol. 59, 2: 221-33.
- Habrosky JI, Grillo, CM. *Body image and eating disordered behavoir in a comunity simple of Black and Hispanic women.* Science Direct (2006) www.sciencedirect.com.
- Hanna SJ, Cowen CE, Plester K. y cols. Comparison of BIA spectroscopy and multi-frecuency BIA for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clinical Science* 1995; 89: 651-58.
- Heitmann BL. Prediction of body water and fat in adult Danes from measurement of electrical impedance. A validation study. *Int J Obes* 1990;14: 789 802.
- Helenius MYT, Albanes D, Micozzi MS, Taylor PR, Heinonen OP. Studies of bioelectric resistance in overweight, middle aged subjects. *Hum Biol* 1987; 59: 271 9.
- Hoffer EC, Meador CK y Simpson DC. (1969). Correlation of whole-body impedance with body water volume. *J Appl Physiol* 1969; 27: 531-34.
- Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG. *Bioelectric Impedance estimation of Fat-Free Body Mass in children and youth: a cross validation study.* Dept. Nutr. and Food Science & Dept. Exercise and Sport Sciences, University of Arizona, Tucson-USA, 1989.
- Jackson AS, Pollock ML, Graves JE, Mahar MT. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J Appl Physiol* 1988; 64:529 34.
- Jenin P, Lenoir J, Roullet C, Thomasset AL, Ducrot H. (1975). Determination of fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviation, Space & Engineering Med* 1945; 46: 152-55.
- Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol Rev* 1953; 33: 245-325.
- Khaled MA, Mccutcheon MJ, Reddy S. y cols. Electric impedance in human body composition: the BIA method. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 789-92.
- Kotzki PO, Mariano-Goulart D, Ross M. Theoretical and experimental limits of triple photon energy absorptiometry in the measurement of bone mineral. *Phys Med Biol* 1991; 36: 429-437.
- Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by Bioelectrical Impedance Analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 417-24.
- Kushner RF, Schoeller DA. Is the Z index (ht2/R) significant in predicting total body water?. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 835-39.
- Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 423S-427S.
- Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for BIA in adults aged 20-94 years. *Nutrition* 2001; 17:248-53.

- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM y cols. Bioelectrical impedance analysis: part I. *Clinical Nutrition* 2004; 23: 1226-1243.
- Liang MT, Norris S. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 1231-1239.
- Lohman TG. *Advances in body composition assessment.* Champaign, IL: Human Kinetics Publishers,1992.
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 4: 810-17.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60: 1327-32.
- Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 537-56.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW. Estimation of Body Fluid Volumes Using Tetrapolar Bioelectrical impedance Measurements. *Aviation, Space & Environmental Medicine.* Dec 1988.
- Martin AD. *An anatomical basis for assessing human body composition: evidence from 25 cadavers.* Ph. D. Thesis. Simon Fraser University, BC, Canada, 1984.
- McDougall D, Shizgal HM. *Body composition from whole body resistance and reactance.* Surgical Forum 1986; 37: 42-44.
- McNeill KG. Current techniques and applications of body composition analysis at Toronto General Hospital. *Australias Phys Eng Sci Med* 1988; 11(1): 15-20.
- Núñez C, Gallagher D, Russell-Aulet M, Heymsfield SB. *BIA analysis of body composition: a new measurement approach.* 7th Int. Congress on Obesity. August, 20-25, 1994; Toronto, Canada.
- Nyboer, J. Workable volume and flow concepts of biosegments by Bioimpedance Analysis plethysmography. *TIT Journal of Life Sciences* 1972; 2:1-13.
- Organ LW, Bradham GB, Gore DT, Lozier SL. Segmental BIA: theory and application of a new technique. *Med Sci Sports Exerc* 1994: Vol. 20, No 9: 1269-73.
- Porta J. *Cuantificación y distribución del tejido adiposo en deportistas por Resonancia Magnética Nuclear (RMN). Análisis comparativo con diversas fórmulas y métodos.* Tesis Doctoral. INEFC, Barcelona, 1999.
- Piccoli A, Piazza P, Noventa D, Pillon L, Zacaria M. A new method for monitoring hydration at high altitude by BIA. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1517-22.
- Piccoli A, Pittoni G, Facco E, Favaro E, Pillon L. Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients. *Crit Care Med* 2000; 16: 132-37.
- Presta E, Segal KR, Gutin B, Harrison GG, Van Itallie TB. Comparison in man of total body electrical conductivity and lean body mass derived from body density: validation of a new body composition method. *Metabolism* 1983; 32: 524-27.
- Rising R, Swinburn B, Larson K, Ravussin E. Body composition in Pima Indians: Validation of bioelectrical resistance. *Am J Clin Nutr* 1991, 53:594-598.
- Rathbun EN, Pace N. Studies on body compositon: The determination of total body fat by means of the body specific gravity. *J Biol Chem* 1945;158: 667-76.
- Riu PJ, Rosell B, Bragos R, Casas O. Electrical bioimpedance methods: aplications to medicine and biotechnology. *Ann NY Acad Sci* 1999; 873: 1-542.
- Ross R, Leger L, Martin P, Roy R. Sensitivity of BIA to detect changes in body composition. *J Appl Physiol* 1989; 67(4): 1643-48.
- Roubenoff R, Baumgartner RN, Harris TB, Dallal GE, y cols. Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997; 52:M129-36.
- Sakamoto Y, Miura J, Yamaguchi Y, y cols. *Usefulness of bioelectrical impedance analysis for measurement of body fat.* Report from the 7th Int. Congress on Obesity. August, 20-25, Toronto, 1994.
- Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human body composition by BIA methods: A comparative study. *J Appl Physiol* 1985; 58: 1565-71.
- Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by BEI: a four site cross validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7-14.
- Segal KR, Burastero S, Chun A, y cols. Estimation of extracellular and total body water by multiplefrecuency BIA measurement. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 26-29.
- Sergi G, Bussolotto M, Perini P, Calliari I, Giantin V, Ceccon A, Scanferla F, Bressan M, Moschini G, Enzi G. Accuracy of bioelectrical impedance analysis in estimation of extracellular space in healthy subjects and in fluid retention states. *Ann Nutr Metab* 1994; 38: 158-65.
- Sheng HP, Huggins RA. A review of body composition studies on total body water and fat. *The Amer J Clin Nutr* 1979; 32: 630-647.

- Shizgal HM. *Determination of Body Composition from Bioelectrical Impedance.* RJL Systems, Detroit, M-USA-, 1989.
- Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, y cols. Development of BIA prediction equations for body composition with a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 331-340.
- Tan YX, Núñez C, Sun Y y cols. New electrode system for rapid whole-body and segmental BIA assessment. *Med & Sci Sports & Exerc* 1997; Vol.29, No.9: 1269-73.
- Thomasset A. *Bioelectrical proporties of tissues.* Lyon Medical 1963; 209: 1325-52.
- Thomasset A. *Mesure du volume des liquides extracellulaires par le methode electro-chimique. Signification biophysique de l´impedance a kilocycle du corps humain.* Lyon Medical 1965; 214: 131.
- Vaché C, Rousset P, Gachon P, Gachon AM, *et al.* Bioelectrical impedance analysis measurements of total body water and extracellular water in healthy elderly subjects. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 537-43.
- Tom FM ter Bogt, Saskia AFM, van Dorsselaer MA, Karin Monshouwer MA, Jaqueline EE, Verdumen, Rugter CME Engels, Whilma AM Vollebergh, Ph. Body mass Index and Body Weigth Perception as Risk Factors for Internalizing Problem Behavior Among Adolescents *Journal of Adolescents Health* (2006) 39 27-34.
- Van Loan MD, Mayclin PL. Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water? *Human Biol* 1987; 59: 299-309.
- Van Loan MD. Biolectrical Impedance Analysis to Determine Fat-Free Mass, Total Body Water and Body Fat. *Sports Medicine* 1990;10 (4): 205-217.
- Van Loan MD, Mayclin PL. Use of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for the estimation of extracellular fluid. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 117-24.
- Wills W, Backet-Milburn K, Gregory S, Lawton J. Young teenagers perceptions of their own others' bodies: A qualitative stydy of obese, overweight and 'normal? Weight young people in Scotland. *Social Science & Medicine* 2006; 62: 396-406.
- Wells JCK, Douros I, Fuller NJ, Elia M, Dekker L. Assesment of body volume using three-dimensional photonic scanning. *Ann NY Acad Sci* 2000; 904: 247-254.
- Zarowitz BJ, Pilla AM. Bioelectrical Impedance in Clinical Practice. DICP. *The Annals of Pharmacotherapy* 1989; Vol.23.

UNIDAD III

Áreas de estudio

Capítulo 9. PROPORCIONALIDAD CORPORAL

9. PROPORCIONALIDAD CORPORAL

M. Isabel Maestre López
Enrique Ordaz Romay

9.1. Introducción

9.1.1. Concepto

El término proporcionalidad (del latín: *proporcionalítas,-atis)*, alude a la relación de unas partes con el todo o de cosas relacionadas entre sí. Se trata de un concepto matemático que, aplicado al estudio de la condición física humana, implica la razón o proporción entre los parámetros obtenidos mediante las medidas corporales y engloba, desde una perspectiva diferente, el estudio de la forma y la composición corporal en la valoración del perfil cineantropométrico del individuo.

El concepto de proporción subyace en realidad a la esencia misma de la cineantropometría, ya que tanto el estudio de la forma como el de la composición corporal plantean el problema de la relación entre las partes del cuerpo entre sí o con la totalidad. De hecho, aunque el tratamiento metodológico es diferente al de aquellas, su estudio permite expresar también los resultados del somatotipo y la composición corporal en términos de proporción.

El análisis de la proporcionalidad es motivo de estudio e investigación en diversos campos del conocimiento humano que abarcan desde la medicina deportiva hasta la pediatría, la antropología, la nutrición o la endocrinología. El conocimiento del perfil de proporcionalidad en los deportistas es importante puesto que de sus proporciones dependé en gran medida la capacidad para realizar esfuerzo físico y su rendimiento deportivo; durante el crecimiento, el estudio de la variación que sufren las proporciones corporales aporta información extraordinariamente útil en la estimación del grado de maduración corporal; en el campo de la nutrición y endocrinología, la monitorización de las proporciones corporales contribuye al diagnóstico y control de determinadas patologías y desórdenes nutricionales.

9.1.2. Antecedentes históricos

El interés en el conocimiento y caracterización de las proporciones corporales humanas, se refleja en las numerosas referencias filosóficas, físicas y biológicas que han condicionado los diversos caminos de investigación. A la pregunta de si existen unas proporciones ideales para definir el cuerpo humano, responden los numerosos modelos de proporcionalidad propuestos a lo largo de la historia; que reflejan la variabilidad inherente a la naturaleza humana, condicionada por el sexo, el grupo étnico, los grados de maduración y crecimiento o los estados de nutrición.

Históricamente, las correctas proporciones entre los segmentos corporales han sido identificadas con la belleza, la salud, la armonía y la perfección humanas. Los "físicos" del Imperio Egipcio relacionaban la estatura con la longitud del dedo medio de la mano; suponiendo que la estatura correcta de un individuo debía corresponder a 19 veces la longitud de su dedo cardinal. En el periodo helenístico se llevó a cabo la primera clasificación de modelos de proporcionalidad en función de la edad. Policleto (s.V a.C.) estableció el *canon de siete cabezas,* en el se consideraba que la estatura adecuada de un adulto correspondía a 7 veces la longitud de su cabeza, siendo de cuatro veces dicha longitud en el caso de los niños.

La escuela hipocrática definió tipos morfológicos en función de las proporciones que guardaban los segmentos corporales entre sí (**Hipócrates** (460-377 a.C.), **Galeno** (138-201 a.C.). Clasificó a los individuos según su morfología en **tísicos o delgados**, de proporciones corporales alargadas, especialmente predispuestos a las enfermedades respiratorias y **apopléticos o musculosos**, personas de cuerpo corto y voluminoso con predominio de las dimensiones transversales con respecto a las longitudinales y tendencia a las enfermedades vasculares y la apoplejía.

El renovado interés por las inquietudes de la cultura griega que surgió durante el Renacimiento, impulsó de nuevo los estudios sobre la forma y proporciones corporales. En 1492, el humanista **Leonardo da Vinci** (1452-1519), que sobresalió especialmente por sus estudios de anatomía y el movimiento del vuelo de los pájaros, trazó a pluma el *esquema de las proporciones del cuerpo humano* basándose en la descripción meticulosa de Vitruvio, el famoso arquitecto romano, como demostración de la teoría según la cual *las proporciones humanas se corresponden con figuras geométricas simples*. Este planteamiento tiene reflejo en la actualidad en la definición de varios índices corporales empleados para valorar proporcionalidad, y en los modelos matemáticos en los que se basan diversos métodos para la estimación de la composición corporal.

Desde las distintas escuelas tipológicas, es recurrente la clasificación de los tipos humanos según el predominio relativo de las proporciones lineales o transversales. A principios del siglo XIX, la escuela tipológica francesa, a través de Hallé (1754-1822), identificó el predominio de ciertas regiones corporales con la aparición de distintas enfermedades, definiendo los temperamentos vascular, muscular y nervioso, en función del predominio de las regiones cefálica, torácica o abdominal.

La escuela italiana, fundada en Padua por Di Giovanni a finales del siglo XIX, distinguió unas modalidades tipológicas basadas en la carga genética del individuo. Su máximo representante, **Viola** de Bologna, fue el **primer investigador en aplicar la distribución normal al estudio del análisis tipológico.** En 1930 creaba la clasificación: longilíneos, normolíneos y brevilíneos, basándose en la medida de cinco longitudes y cinco diámetros, obteniendo a partir de ellos las proporciones entre el tronco y las extremidades y teniendo como referencia el normotipo equilibrado, precursor de los modelos estándar de referencia.

Fue seguido por Nicola **Pende**, que retomando el planteamiento de las proporciones corporales humanas en relación con aspectos psicofísicos, estableció dos modelos: el biotipo longilíneo o alargado, caracterizado por un desarrollo de las extremidades con predominio de la vida de relación, con un psiquismo rápido e inestable; y el biotipo brevilíneo, de talla baja y mentalidad lenta y estable.

La tipología de Pende coincide bastante con la descrita por **Kretschmer**, perteneciente a la corriente tipológica fundamental alemana, que en la década de 1930-40 concebía el biotipo fundamentalmente en términos de hábitos y carácter psíquico, distinguiendo: el tipo pícnico-ciclotímico, con predominio de la horizontalidad sobre la verticalidad, talla baja y obesidad, de temperamento ciclotímico; el tipo leptosomático-esquizotímico, con predominio de la verticalidad sobre la horizontalidad, altos, delgados, y con un temperamento esquizotímico; el tipo atlético-enequético, de aspecto morfológico hercúleo, con gran desarrollo de la musculatura y el esqueleto, ancho de espalda, estrecho de caderas, cara ancha con gran mentón y con una mentalidad enequética; y el displásico, sin predominio proporcional de unas dimensiones sobre otras.

El concepto geométrico de proporción corporal se amplía a mediados del siglo XX, por el psiquiatra americano **Sheldon**, al de proporción entre los distintos tejidos que conforman el organismo, basándose en la supuesta relación existente entre el biotipo y el desarrollo relativo de las tres capas embrionarias: endodermo, mesodermo y ectodermo (Sheldon, McDermoth, 1954) y los tejidos corporales de ellas derivadas.

Su sistema permitía una **clasificación de biotipos** adaptada a la auténtica variabilidad de la morfología humana, al no definir tipos concretos, sino un sistema de clasificación morfológica de los individuos a partir de la expresión numérica de tres cifras, que representaban sus componentes de grasa, músculo y linealidad, que Sheldon denominó **somatotipo** (véase capítulo 7).

Sin embargo, este método se basaba exclusivamente en la carga genética mediante su referencia al origen embrionario de los componentes corporales y, por tanto, el resultado obtenido de los análisis realizados mostraba valores constantes, imposibles de ser modificados por factores exógenos o medioambientales (actividad física, nutrición, condiciones climáticas,...).

A diferencia de la concepción genética y determinista de Sheldon sobre la forma humana, la idea actual es que el somatotipo es fenotípico y, por lo tanto, susceptible de cambios con el crecimiento, envejecimiento, ejercicio y nutrición (**Carter & Heath**, 1990).

La genialidad de Sheldon al considerar componentes morfológicos en lugar de biotipos discretos, fue eclipsada por la rigidez de sus planteamientos. Sin embargo, se había abierto el camino para la búsqueda de una expresión sencilla de la variabilidad tipológica del hombre, abandonando la idea de tipologías concretas y conservando la de proporción entre los distintos componentes, y de cada uno con el total.

Los componentes somatotípicos no son independientes sino relacionados entre sí en una proporción variable. La relación de cada componente con una serie de tejidos corporales, hacen que el somatotipo no solo evalúe la forma sino la proporción entre los distintos tejidos, independientemente del tamaño, dando idea de la composición corporal del organismo; por lo que, tanto el somatotipo como la composición corporal, siguen constituyéndose conceptualmente en términos de proporción.

9.1.3. Relación histórica de proporcionalidad y composición corporal

Con el objetivo de estudiar la eficiencia física y más específicamente, obtener una relación entre la fuerza y cantidad de masa muscular de un individuo, **Matiegka** propuso por primera vez, en 1921, un método antropométrico para **fraccionar el peso corporal en cuatro componentes principales: peso graso, peso óseo, peso muscular y peso residual**. Matiegka desarrolló una serie de fórmulas para la predicción de los dichos pesos basándose en el uso de medidas antropométricas relacionadas directamente con los tejidos objeto de valoración y con unos datos limitados procedentes de la disección de cadáveres (Matiegka, 1921). Pero debido a la falta de otras muestras que dieran validez a sus resultados su propuesta cayó temporalmente en desuso.

La relación epidemiológica entre la masa grasa y diversas patologías de origen cardiovascular y endocrino-nutricionales, hizo desarrollar métodos para la estimación de este componente y su relación con el total, dando como resultado modelos de composición corporal de dos componentes: compartimento *graso*-compartimento *no graso* y la utilización de diversos **índices corporales** que relacionaban medidas simples para estimar de modo aproximado la composición corporal.

Uno de los primeros en emplearse fue el ideado por el astrónomo y matemático belga Jaques A. Lambert Quetelet (1796-1874), quien observó la relación existente entre el peso y el cuadrado de la altura en individuos normales.

$$IQ = Peso / Talla^2 \ (kg/m^2)$$

El Índice de Quetelet fue uno de los más ampliamente utilizados al correlacionarse razonablemente bien con la proporción de masa grasa y permitir estimar la cantidad total de masa grasa, basándose en el concepto de densidad corporal y partiendo, tan solo, de mediciones exactas del peso y la talla. Quetelet empleó este índice como estimador de la proporcionalidad de los sujetos y comenzó a aplicar el método estadístico al estudio de grandes muestras, lo que le ha reportado el reconocimiento como padre de la cineantropometría. Conocido desde 1953 como **Índice de Masa Corporal** (Keys y Brozek, 1953) **IMC** ha tenido una gran trascendencia en el ámbito de la salud pública al ser considerado por varios autores un buen índice de obesidad en niños y adultos ya que permite obtener una idea razonablemente aproximada de la masa grasa.

En la clínica es corriente la utilización del BMI (*Body Mass Index*) o IMC (*Índice de Masa Corporal*) y del perímetro abdominal, para clasificar los niveles de obesidad y establecer los grupos de riesgo con respecto a enfermedades como la diabetes, hipertensión o las enfermedades cardiovasculares, en importante relación con la proporción y distribución de la masa grasa del organismo.

Su mayor limitación estriba en que las alteraciones del IMC no solo son debidas a modificaciones en la masa grasa sino también de la masa libre de grasa, por lo que su capacidad predictiva pierde representatividad. Aun así, sigue empleándose en la actualidad como base para distintas clasificaciones fisiopatológicas.

El **índice determinado por la suma de varios pliegues cutáneos ofrece una valoración más objetiva del índice de adiposidad**, pues su aumento o disminución vendría determinado por la mayor o

menor cantidad de tejido adiposo subcutáneo, donde se encuentra aproximadamente el 50% de la grasa corporal (Reilly y cols., 1996). Sin embargo, esto asume que la relación entre los depósitos internos (intraabdominales) y externos (subcutáneos) es constante para cualquier volumen de grasa. La variación en la proporción de grasa localizada subcutáneamente, es una importante razón en sí misma para que las ecuaciones predictivas derivadas de adultos, sean difícilmente válidas para todas las edades (Reilly y cols., 1996).

La necesidad de encontrar algún patrón general que permitiera tener en cuenta la amplia variabilidad humana impulsó, en la década de 1970, la creación de un modelo al que Ross y Wilson (1974) llamaron *Phantom* o modelo metafórico, como aproximación, en cada variable antropométrica, al promedio poblacional; sin tener en cuenta las diferencias de edad (siempre para adultos), sexo, etnia, cultura, hábitos alimentarios o actividad física de los individuos medidos en la muestra.

Drinkwater (1980) retomó los planteamientos iniciales sobre la **composición corporal, caracterizada por la división en cuatro componentes**, presentando una técnica que armoniza los valores antropométricos de estas cuatro áreas con los valores del modelo propuesto por Ross y Wilson en 1974, el sistema *Phantom* de análisis de la proporcionalidad corporal, lo que permite valorar los pesos corporales parciales con un pequeño margen de error. Posteriormente, **Kerr** (1988) **añadió un quinto componente, la piel,** utilizando medias antropométricas previamente ajustadas al modelo de referencia unisexuado o *Phantom*.

Sin embargo, dicho modelo tiene dos limitaciones: primera, no tiene en cuenta las diferencias entre regiones corporales; segunda, depende de la consistencia del modelo *Phantom,* sobre todo en cuanto a la correlación entre las medidas antropométricas y los valores asignados del peso de los tejidos, ya que presupone unos valores constantes para las distintas densidades de los mismos (Shepard, 1985); todo ello dificulta su aplicación en distintas edades, sobre todo en la infancia, juventud y senectud.

Como posible solución a estas limitaciones surge la ***O-scale*** (Ward, Ross, Leyland, 1989), que contempla 44 grupos de edad y sexo, y no depende de la constancia de las proporciones o de la densidad de los tejidos. Sin embargo, su utilidad en el campo de los estudios de crecimiento es limitada, pues el grupo de menor edad estudiado corresponde a 17 años.

La relación entre composición corporal y somatotipo es evidente y ha sido ampliamente explicada en los capítulos correspondientes. Sin embargo, la estimación de la composición corporal a partir de la valoración somatotípica no es directa, es decir, los componentes corporales como el graso o el magro tienen su expresión en alguno de los componentes del somatotipo (la endomorfia se relaciona con el compartimiento graso y la mesomorfia con el compartimiento magro o compartimiento libre de grasa). Sin embargo, la ectomorfia tiene difícil correlación con la masa ósea o sistema osteomuscular, y su interpretación alude más a la predominancia de las proporciones lineales sobre las transversales.

De nuevo, somatotipo y composición corporal proporcionan una interpretación parcial sobre la naturaleza de las proporciones corporales, dificultando la comparación entre grupos de individuos de distinto sexo, edad o condición física.

La necesidad de estudios a gran escala para obtener valores de referencia suficientemente representativos de la variabilidad morfogénica humana, hace imprescindible el empleo de un patrón de referencia aplicable a las distintas edades y características físicas y nutricionales, haciendo del estudio de la proporcionalidad, en términos antropométricos, tipológicos y constitucionales, el núcleo de la cineantropometría y el único modo de abordarla en su completitud.

9.2. Los índices corporales

Tal como hemos descrito, desde Policleto (s.V a.C.) y Leonardo da Vinci (s. XVI), por medio de las diferentes escuelas biotipológicas y hasta el moderno modelo *Phantom* propuesto por Ross y Wilson (s. XX), han surgido diferentes sistemas de análisis de las proporciones corporales, en función de los objetivos y tendencias, así como de la tecnología disponible, en cada periodo histórico.

Las características y limitaciones de cada sistema han resultado en un uso cada vez más generalizado del índice Z del *Phantom*, que permite, aun con sus propias matizaciones, una interpretación más aproximada a la rica variabilidad del hombre, en sus diversas condiciones físicas, a lo largo de sus sucesivas etapas vitales.

La definición de índice (del latín *index,-icis*), aplicada a la antropología, expresa la relación o cociente entre dos medidas corporales, pudiendo ser mayor el numerador o el denominador, y pudiendo estar expresadas en las mismas o distintas unidades.

9.2.1. Índices de adiposidad

Índice de Quetelet o Índice de Masa Corporal (IMC): Quetelet (1796-1874) encontró una relación lineal entre el peso y el cuadrado de la altura en individuos normales que permitía estimar, de forma aproximada, la proporción de masa grasa, aplicando el concepto de densidad corporal. La expresión matemática del índice de Quetelet, conocido desde 1954 como índice de masa corporal es la siguiente:

$$IMC = \frac{Peso}{Estatura^2} \ kg/m^2$$

Se emplea en la clínica para identificar el grado de nutrición y la presencia de obesidad o desnutrición así como para definir los grupos de riesgo cardiovascular o de enfermedades por alteración del metabolismo hidrocarbonado. Los valores normales en el adulto se consideran entre 19 y 27, pero varían de forma importante a lo largo del crecimiento y con distintas situaciones fisiopatológicas. Su mayor limitación se debe a que el peso en adultos varía no solo por variaciones en la masa grasa, sino también por variaciones en los demás componentes (Porta y cols., 1995).

Índice de Bouchard: relaciona el peso en función de la estatura. La baja correlación lineal existente entre ambas variables, hace poco útil este índice.

$$I.\ Bouchard = \frac{Peso\ (kg)}{Estatura\ (m)}$$

Índice ponderal: empleado por Carter para la valoración de la tercera componente del somatotipo (ectomorfia) (Carter y Heath, 1975), se basa en el supuesto de que el peso de un individuo es proporcional a su volumen y que este varía según una función cúbica de sus dimensiones lineales.

$$IP = \frac{Estatura\ (cm)}{\sqrt[3]{Peso\ (kg)}}$$

Su valor aproximado medio en el adulto sano suele ser de 43: su amplitud se encuentra entre 38 y 45, aunque varía durante el crecimiento y la senectud. Recibe también el nombre de ***índice ponderal recíproco*** (Pacheco, 1993), debido a que su fórmula es la inversa del Indice de Livi, que se define como la raíz cúbica del peso en kilogramos, multiplicado por 100, y dividido por la estatura en centímetros.

Índice cintura-cadera (ICCad): índice ampliamente utilizado en el ámbito de la epidemiología, se relaciona con el contenido de grasa visceral del organismo (Alexander, Gugdale, 1990).

$$ICC = \frac{Perímetro\ abdominal}{Perímetro\ cadera}$$

El aumento de este índice se relaciona con un mayor contenido de grasa visceral en detrimento de la grasa periférica, por tanto, mayor riesgo de enfermedad cardiovascular.

9.2.2. Índices de las extremidades

Longitud relativa de la extremidad superior (LRES): relaciona la longitud total de la extremidad superior (acromión-dactilión), con la estatura. Su ecuación y clasificación de grupos son:

$$LRES = \frac{\text{Long. total extremidad superior}}{\text{Estatura}} \times 100$$

- BRAQUIBRAQUIAL (extremidades superiores cortas): menor de 44,9
- MESOBRAQUIAL (extremidades superiores intermedias): 45-46,9
- MACROBRAQUIAL (extremidades superiores largas): mayor de 47

Esta clasificación y la del índice descrito a continuación, tienen interés desde el punto de vista de la antropología para comparar poblaciones de distintas localizaciones geográficas, y en medicina deportiva para identificar diferencias entre deportistas de distintas modalidades.

Longitud relativa de la extremidad inferior (LREI): relaciona la longitud de la extremidad inferior con la estatura. Su expresión y la división de Valoins son:

$$LREI = \frac{\text{Altura ileoespinal}}{\text{Estatura}} \times 100$$

- BRAQUIOESQUELÉTICO (extremidades inferiores cortas): menor de 54,9
- MESOESQUELÉTICO (extremidades inferiores medianas): 55-56,9
- MACROESQUELÉTICO (de extremidades inferiores largas): mayor de 57

Índice intermembral: se corresponde con el índice de las extremidades inferiores de Martin y Saller. Se define como la relación entre la longitud de la extremidad superior y la inferior según la fórmula:

$$II = \frac{\text{Long. extr. superior}}{\text{Long. extr. inferior}} \times 100$$

Índice braquial: representa la relación entre el antebrazo (radial-estilión) y el brazo (acromión-radial). Su ecuación y clasificación son:

$$IB = \frac{\text{Long. antebrazo}}{\text{Long. brazo}} \times 100$$

- BRAQUÍPICO (antebrazo corto): menor de 77,9
- METRÓPICO (antebrazo medio): 78-82,9
- MACRÓPICO (antebrazo largo): mayor de 83

Índice crural: es similar al braquial pero en la extremidad inferior, es decir relaciona la longitud de la pierna (tibial-maleolar) y la del muslo (ileoespinal-tibial):

$$IC = \frac{\text{Long. pierna}}{\text{Long. muslo}} \times 100$$

9.2.3. Índices del tronco

Índice córmico: se corresponde con el índice esquelético de Giufrida-Rugeri (1907), y relaciona la talla sentado con la estatura. Su fórmula y categorías son:

$$\text{I. córmico} = \frac{\text{Talla sentado}}{\text{Estatura}} \times 100$$

• BRAQUIOCÓRMICO (tronco corto)	masculino: hasta 51,0	femenino: hasta 52,0
• METRICÓRMICO (tronco medio)	masculino: 51,1-53,0	femenino: 52,1-54,0
• MACROCÓRMICO (tronco largo)	masculino: desde 53,1	femenino: desde 54,1

Como puede observarse, las mujeres presentan por término medio, un tronco más largo que los varones. Además, parece que existe una relación (Frisancho, 1993) entre el clima y el valor del índice córmico, que seguiría la regla de Allen, por la cual los seres vivos de climas más fríos tienen extremidades cortas, al contrario que los de los climas más cálidos.

Este índice ha sido valorado en estudios de crecimiento (Dittmar, 1997) ya que las extremidades de los niños crecen a un ritmo distinto al de tronco (alometría), originando proporciones diferentes en cada etapa de la vida.

Índice esquelético o de Manouvrier: relaciona la longitud del tronco con la de la extremidad inferior, medida esta como diferencia entre la estatura y la talla sentado. Tiene gran relación con el índice relativo de la extremidad inferior, siendo igual sus clasificaciones:

$$IE = \frac{\text{Estatura - Talla sentado}}{\text{Talla sentado}} \times 100$$

- BRAQUISQUELÉTICO (IREI cortas): menor de 84,9
- MESOSQUELÉTICO (IREI medias): 85-89,5
- MACROSQUELÉTICO (IREI largas): mayor de 90

Índice acromioilíaco: mide la anchura relativa del diámetro bicrestal, respecto al biacromial. Su fórmula y categorías son:

$$IAI = \frac{\text{D. bicrestal}}{\text{D. biacromial}} \times 100$$

- TRONCO TRAPEZOIDAL: menor de 69,9
- TRONCO INTERMEDIO: 70,0-74,9
- TRONCO RECTANGULAR: mayor de 75,0

Este índice se emplea en estudios de crecimiento para valorar el dimorfismo sexual, especialmente en etapas críticas del crecimiento como la adolescencia. Para algunos autores, como Vallois, deben considerarse estas categorías aumentadas en 10 unidades para mujeres adultas, mientras que otros, como Comas (1966), no hacen distinción entre sexos. Estas matizaciones pierden relevancia en los modelos actuales de estudio de la proporcionalidad, basados en el estándar de referencia unisexuado, o *Phantom*.

Envergadura relativa: mide el tanto por ciento que representa la envergadura con respecto a la estatura, por lo que en ocasiones es superior al cien por cien:

$$ER = \frac{\text{Envergadura}}{\text{Estatura}} \times 100$$

Según Eiben, en los adultos este índice supera ligeramente el valor 100 en los varones, al igual que ocurre en las mujeres atletas estudiadas por dicho autor. Para Pacheco (1993), estos índices son interesantes en medicina deportiva por existir diferencias entre los deportistas y la población no deportista, así como entre los practicantes de distintos deportes.

En todos estos índices, la dificultad que existía inicialmente en su aplicación era la imprecisión en la definición de cada medida, así como en la descripción de la técnica de obtención de la misma, lo cual aumentaba la confusión a la hora de interpretar resultados y comparar diversos estudios.

Esta dificultad está actualmente superada al ajustarse cada investigador a las indicaciones del cuerpo normativo internacional sobre las medidas antropométricas, haciendo que todo investigador obtenga e interprete de la misma forma las medidas implicadas.

9.3. El método *Phantom* de proporcionalidad

La utilización de los anteriores índices plantea varios problemas. Su origen es poco sistemático, solo son adecuados a planteamientos concretos de determinados estudios y no estudian la totalidad de la proporcionalidad sino solo partes aisladas.

Si bien es cierto que algunos índices, como el IMC, están muy difundidos y se utilizan de forma constante en muchas especialidades, también es necesario, para un estudio completo de la proporcionalidad, plantear un método sistemático que permita describir al individuo desde sus proporciones, y que permita una comparación fácil con otros estudios. Para cubrir esta necesidad, en los años 70, Drinkwater, Ross y Wilson desarrollaron el modelo *Phantom.*

9.3.1. Descripción del modelo *Phantom*

Phantom (palabra anglosajona cuyo significado sería *ente imaginario*) corresponde a los valores de distribución (promedio y desviación estándar) de las variables antropométricas que definen un *modelo metafórico* (Ross y Wilson, 1974).

Se considera una referencia humana promedio, asexual, interétnica, atemporal adulta y bilateralmente simétrica (Figura 9.1).

El cálculo de los valores correspondientes a las variables cineantropométricas del modelo *Phantom* se basaron en extensas bases de datos de población general.

Los perímetros se obtuvieron de la base de datos de Wilmore y Behnke en 1969 y 1970, los pliegues cutáneos de una base de datos no publicada de Yuhasz (Olds, 1996) y el resto de medidas de las que Garret y Kennedy obtuvieron en 1971.

Para obtener los estadísticos que dan origen al modelo *Phantom* se supone que en la población general cada una de las variables antropométricas se distribuyen de manera normal, caracterizándose por un valor promedio ($p_{variable}$) y una desviación estándar ($s_{variable}$).

Con el conjunto de estos pares de valores para cada variable se hace una tabla, llamada *tabla del modelo Phantom* (véase Anexo III: Tablas de referencia; Tabla A.1) que se utilizará como patrón de medida para el resto de individuos o grupos.

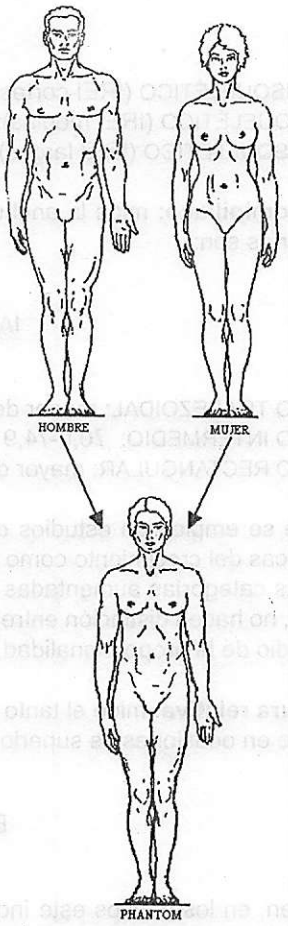


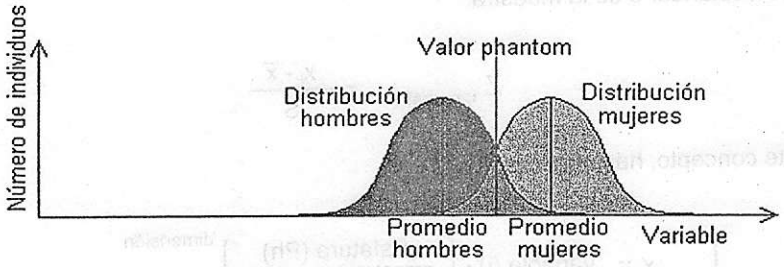
Figura 9.1. Modelo *Phantom*

Al hablar del modelo *Phantom* como "patrón", no se pretende establecer este modelo como ideal de normalidad o prototipo de medidas humanas, sino, al igual que el metro es la unidad de longitud o el segundo es la unidad de tiempo, los valores del modelo *Phantom* para cada variable antropométrica representan la "unidad" de medida en proporcionalidad humana. De esta forma, y ahí radica su potencia, serán estadísticamente compatibles todos los trabajos que utilicen el modelo *Phantom* como patrón respecto al cual hacer referencia los datos y resultados. Es decir, al usar este modelo como referencia se consigue que los resultados sean generalizables.

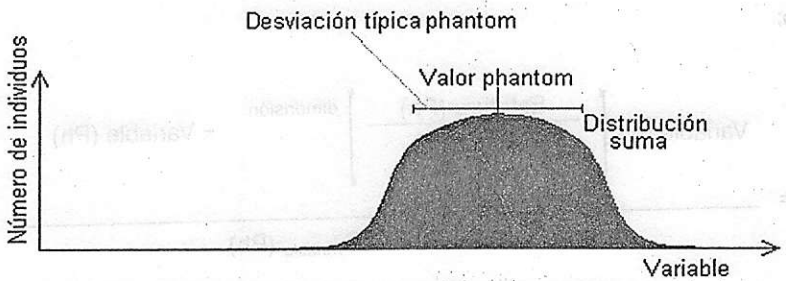
Sin embargo, la utilización de este modelo, desde el punto de vista estadístico estricto, plantea un problema. Sus creadores no sostuvieron la distribución normal de los datos antropométricos en la población estudiada. Es decir, aunque la distribución de valores de una variable para cada uno de los sexos, teóricamente, fuera una distribución normal, la suma de ambas distribuciones normales no era a su vez normal (Figura 9.2). Esto significa que, para describir el modelo *Phantom* no basta solo con dar el promedio y la desviación estándar de cada variable.

Así, por ejemplo, se dice que en una variable que se distribuya de forma normal, el 84% de los individuos se encuentra entre el valor medio de tal variable más una desviación estándar, y menos una desviación estándar. Esta forma de interpretar los resultados estadísticos, que permite clasificar a los individuos según percentiles, no se puede aplicar directamente al caso del modelo *Phantom* sin ciertas matizaciones, tal como se verá.

Para entender el problema anterior debemos observar que, puesto que la población masculina y la femenina es, cada una, virtualmente del 50% de la población total, un valor concreto para cada variable en el modelo *Phantom* supone una compensación entre su valor en hombres y en mujeres. Por ejemplo, en el caso del diámetro biileocrestal, que en el modelo *Phantom* es 28,84 cm, este valor es debido a que su promedio para mujeres es de 30,59 cm, mientras que para hombres es de 27,09 cm. De esta forma; una persona con la misma altura que el *Phantom* que tenga de diámetro biileocrestal 28,84 cm, respecto al *Phantom* estará en el valor promedio pero, en realidad, si se trata de una mujer, su valor estará por debajo de la media, mientras que si es un hombre estará por encima de la media.



Histograma de frecuencias para una variable, separando ambos sexos.



Histograma de frecuancias para una variable, modelo Phantom

Figura 9.2. Función de distribución para el modelo *Phantom*

Estas dificultades operativas finalmente se han soslayado en la búsqueda de un método sencillo de operar e interpretar los resultados. De esta forma, aunque el modelo no consta de variables con distribución normal, se decidió que las tablas de modelo *Phantom* solo contendrían los valores de los promedios y desviaciones estándar para cada variable, tal como si se tratase de variables normales.

Esta simplificación supone imaginar, en vez de una población heterogénea de hombres y mujeres, de distintas etnias y edades, una población de *Phantoms* cuyas características antropométricas estarían normalmente distribuidas alrededor de los valores medios del modelo estándar. Este supuesto, llamado *supuesto de normalidad del modelo Phantom* será importante en la interpretación.

9.3.2. Los índices *Z* del *Phantom*. Cálculo

La proporcionalidad es la propiedad matemática según la cual el resultado de dos razones (dos divisiones) con igual dimensión es el mismo. Por ejemplo, una misma variable, en un individuo i y el modelo *Phantom* (*Ph*), está en proporción con la estatura de ambos si:

$$\frac{\text{Variable (Ph)}}{\text{Variable (i)}} = \left[\frac{\text{Estatura (Ph)}}{\text{Estatura (i)}}\right]^{\text{dimensión}} \rightarrow$$

$$\text{Variable (i)} \cdot \left[\frac{\text{Estatura (Ph)}}{\text{Estatura (i)}}\right]^{\text{dimensión}} = \text{Variable (Ph)}$$

Si la proporción no es exacta, ¿qué diferencia existe entre los dos términos? En estadística se define el índice *Z* (en inglés *Z-score*) como la transformación que permite calcular la distancia que hay entre un valor y una muestra. Su cálculo es la diferencia entre el valor x_i y el promedio de la muestra $\overline{X}$, dividido entre la desviación estándar *s* de la muestra:

$$Z_{\text{i; muestra}} = \frac{x_i - \overline{x}}{S}$$

Aplicando este concepto, hacemos:

$$\begin{cases} x_i = \text{Variable (i)} \cdot \left[\dfrac{\text{Estatura (Ph)}}{\text{Estatura (i)}}\right]^{\text{dimensión}} \\ \overline{x} = \text{Variable (Ph)} \end{cases}$$

y sustituyendo:

$$Z_{i;Ph}\,(\text{Variable}) = \frac{\text{Variable (i)} \cdot \left[\dfrac{\text{Estatura (Ph)}}{\text{Estatura (i)}}\right]^{\text{dimensión}} - \text{Variable (Ph)}}{S_{\text{Variable (Ph)}}} \qquad (1)$$

Esta es la ecuación que se utiliza en el método *Phantom* para el cálculo de los índices *Z* de un individuo *i*. El valor del parámetro dimensión será:

- 0 para medias adimensionales (L^0) como porcentajes e índices adimensionales.
- 1 para medidas lineales (L) como alturas, longitudes, perímetros, diámetros y pliegues.
- 2 para medidas de superficie (L^2) como áreas y secciones.
- 3 para medidas de volumen y masa (L^3) como la capacidad pulmonar, el peso o cualquier componente de la composición corporal expresado en unidades de masa.

Algunas variables compuestas tienen valores del parámetro *dimensión* no trivialmente calculables. Por ejemplo: la variable *densidad* como masa entre volumen es L^0. Igualmente el *Índice ponderal (IP)* es también L^0, mientras que el *IMC* será en cambio L^1. Respecto a la composición corporal, los valores absolutos de los compartimentos expresados en unidades de masa, esto es, la MG, la ósea, etc., son L^3 y, por tanto, *dimensión* = 3. Sin embargo, los porcentajes de las masas son adimensionales y, por tanto, L^0.

Aunque menos utilizadas, resultan de interés, especialmente en estudios de proporcionalidad en deportistas, las siguientes variables: la fuerza como variable cineantropométrica es L^4. El esfuerzo como fuerza aplicada por unidad de superficie será L^2. Las variables energía y trabajo, son el producto de una fuerza por una longitud, es decir, L^5. El rendimiento, como coeficiente entre el trabajo obtenido y el trabajo suministrado, es una variable adimensional y, por tanto, L^0. La potencia como velocidad a la que se aplica una fuerza, desde la cineantropometría, tendrá también dimensión L^5. Es decir, en un atleta, un incremento de masa muscular ($\Delta m.musc.$) supone un incremento de su fuerza ($\Delta fuerza$) en: $\Delta fuerza = (\Delta m.musc.)^{1,33}$ y un incremento de su potencia de $\Delta potencia = (\Delta m.musc.)^{1,66}$.

El método *Phantom* descrito mediante la Tabla A.1 y la ecuación (1) cumple una serie de características, algunas ya apuntadas:

1. Se ha partido de la idea de que la muestra del modelo *Phantom* tiene una distribución normal y como ya se comentó, este hecho es solo un supuesto útil. Ello hará, como ya se verá, que especialmente los valores de los índices Z cercanos a cero deban interpretarse en función del sexo, grupo étnico o edad.
2. En el desarrollo se ha utilizado como variable de comparación la estatura. Esta elección es relativamente arbitraria aunque sí muy útil porque la talla es una de las variables que, durante la fase de adulto, varía menos. En la expresión del cálculo del índice Z se podría sustituir la estatura por otra variable como el peso, la longitud de la extremidad superior, la talla sentado u otra que para los propósitos de estudio pueda ser más interesante. Sin embargo, utilizar otra variable de comparación supone no poder utilizar con facilidad los resultados y conclusiones de otros estudios que sí utilicen la estatura como variable de comparación.
3. El índice Z de la estatura es siempre igual a cero. Esto físicamente es debido a la propia forma de construir los índices Z. Está claro que si hemos normalizado a cero todas las variables respecto a la altura, la altura del sujeto, sea cual sea esta, tendrá como valor de su índice el valor normal, esto es, cero.
4. Los índices Z del *Phantom*, más que como valores aislados, son útiles para realizar estudios comparativos. Así, podemos cuantificar las diferencias interindividuales o intraindividuales en términos de diferencias en los índices Z. La estrategia del *Phantom* se ha aplicado fundamentalmente en estudios comparativos de crecimiento longitudinal y horizontal, además de en estudios comparativos de atletas.
5. Puesto que los valores de las variables medidas son siempre positivos, existe un valor mínimo para cada índice Z. Sin embargo, los valores máximos, matemáticamente no existen. El valor mínimo de un índice Z lo encontramos haciendo Variable(i) = 0 en la ecuación de $Z_{i;Ph(Variable)}$. Sustituyendo se obtiene (2):

$$Z_{\text{mínimo; Ph}}\,(\text{Variable}) = \frac{\text{Variable (Ph)}}{S_{Variable}\,(\text{Ph})} \qquad (2)$$

9.3.3. Los índices *Z* del *Phantom*. Interpretación estadística

Sería erróneo considerar que los índices Z del *Phantom*, calculados para un individuo o grupo, cuando son distintos de cero en alguna variable, representan desviaciones respecto a la población general normal: *Phantom no representa al ideal de normalidad de la población.*

Como ya se vio en la descripción del método, *Phantom* teóricamente es una construcción matemática asexual, interétnica y atemporal. Por este motivo, normalmente, un individuo que tiene sexo, etnia y edad no coincida, en muchas variables, con este modelo y, por tanto, los valores de sus índices *Z* difieran, incluso a veces notablemente, del valor cero.

Sin embargo, bajo el supuesto de normalidad del modelo *Phantom*, podemos encontrar una primera aproximación a la interpretación estadística de los índices *Z*. Supongamos que la estatura del individuo de estudio *i* es la misma que la del *Phantom:* en estas condiciones podemos reescribir la ecuación de $Z_{i;Ph}$ en la forma (3):

$$Z_{i;Ph}\,(\text{Variable}) \cdot S_{\text{Variable}}\,(\text{Ph}) = \text{Variable (i)} - \text{Variable (Ph)} \qquad (3)$$

Es decir, el índice *Z* indica, proporcionalmente, el número de veces que es mayor o menor la desviación estándar que la diferencia entre el valor medido y el *Phantom*.

Tal como enseña la estadística, en una distribución normal (recordemos que estamos bajo el supuesto de normalidad) hasta una desviación estándar se distribuye el 84% de la población; hasta dos desviaciones estándar se distribuye el 98% y hasta tres desviaciones estándar el 99% de la población. Una tabla breve es la Figura 9.3.

Z	-3	-2	-1	-0,5	0,5	0,2	0,5	1	2	3
Percentil	0,1	2,3	15,9	30,9	42,1	57,9	69,1	84,1	97,7	99,9

Figura 9.3. Valores de los percentiles en función del valor del índice Z

En resumen, en una primera aproximación, bajo el supuesto de normalidad del modelo *Phantom*, los índices *Z* son unas variables análogas al cálculo del percentil en el que se sitúa un individuo respecto a la población general.

Sin embargo, según los casos, habrá que ajustar esta interpretación debido a:

1. Los valores de los percentiles son tanto más válidos cuanto más se parezca la población de la muestra con la que se calculó el referente al individuo de estudio. Sin embargo, por construcción, *Phantom* pretende ser un modelo asexual, interétnico y atemporal, por tanto, en general ningún individuo concreto se parecerá al modelo.
2. Por construcción, el modelo *Phantom* no es normal, sino la suma de dos muestras normales. Por ello, los resultados solo serán aceptables siempre que no nos acerquemos mucho a cero o nos alejemos mucho de ± 2.
3. Por construcción, se han normalizado los valores respecto a la estatura, lo cual supone que las modificaciones de las variables con la altura son dimensionalmente proporcionales. Esto en la realidad no tiene por qué ser así. Las variaciones pueden ser alométricas con la altura, tal como ocurre durante el crecimiento de los niños.
4. Un factor más de no normalidad es que los valores de las variables medidas son siempre positivos y, por tanto, tal como hemos visto, existe un valor mínimo para cada índice *Z*. Si *Z* representara exactamente un percentil, sus valores deberían encontrase entre más y menos infinito. En el caso de los pliegues esto último es especialmente significativo porque sus valores son muy pequeños y sus desviaciones estándar relativamente grandes. Por ejemplo: el índice *Z* del pliegue subescapular siempre tiene que ser mayor que -3,39 o el índice *Z* del pliegue de la pierna tiene que ser mayor que -3,43.

A pesar de estas limitaciones, la utilización del índice *Z* como un percentil, dentro del intervalo [-2; -0,2] U [0,2 ; 2] supone una buena interpretación para la población general.

La verdadera dificultad que supone la interpretación de los índices *Z* del modelo *Phantom* es que: *teóricamente ningún individuo se parece al Phantom.* A este problema intentan dar respuesta las ampliaciones que se han propuesto a este modelo, tales como el método combinado, el *Phantom* escalable, el modelo ontogénico o los modelos regionales.

9.4. Selección de variables en los estudios de proporcionalidad

Un estudio completo de proporcionalidad supone trabajar con unas 54 variables fundamentales más todas aquellas variables secundarias que sean de interés para el estudio.

Así, en un estudio de proporcionalidad de los rasgos faciales resultan fundamentales variables como las alturas faciales superior e inferior, la anchura de la frente, las distancias bicigomática, intergonial, intercantal, orbitales interna y externa, etc ...

De esta forma, los estudios de proporcionalidad pueden ser muy diversos en las variables que se utilizan: cada estudio se centrará en unas variables que sean especialmente relevantes y desestimará otras que resulten superfluas para sus objetivos.

Sin embargo, conviene tomar algún conjunto de variables "de referencia" como base para el estudio general de la proporcionalidad.

Por este motivo, a continuación se trabajará con 26 variables consideradas "variables básicas". Se han elegido éstas porque son las necesarias para los cálculos de las componentes de la composición corporal y del somatotipo, así como algunas variables para completar el estudio del tronco y de los miembros superior e inferior (Figuras 3.30 y 3.39).

La utilización de estas variables no merma el carácter general de la exposición del método aplicado. Como ya se ha dicho, cada estudio podrá contar con las variables que precise, con la finalidad de obtener la mejor consecución de sus objetivos científicos, aunque el método que se utilice sea el mismo que se aplica en la presente exposición (Figuras 9.4.a y b).

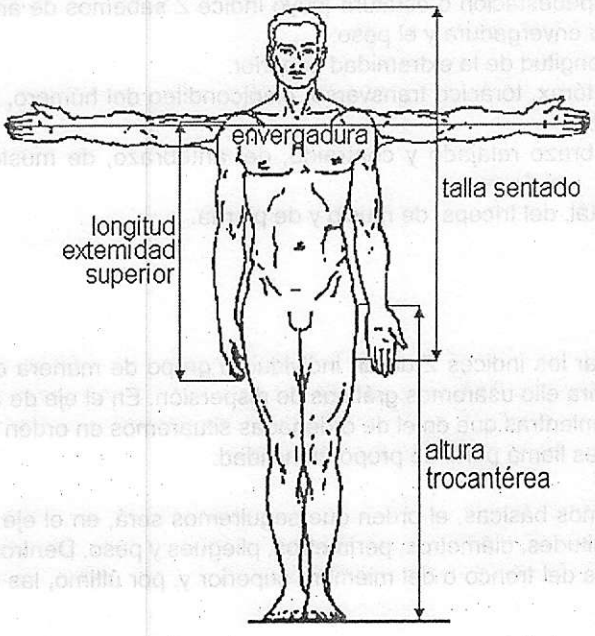


Figura 9.4.a. Longitudes, alturas

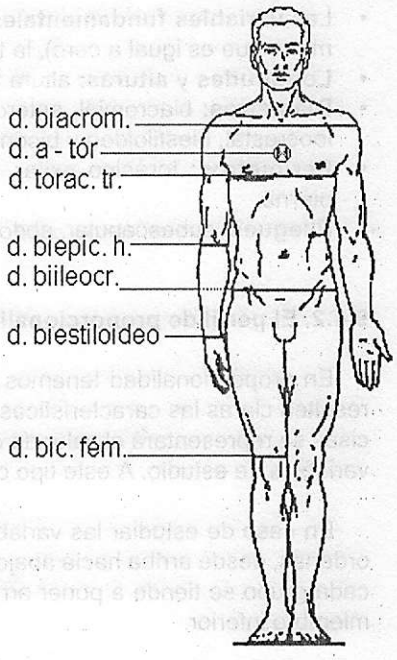


Figura 9.4.b. Diámetros básicos

9.4.1. Variables básicas en proporcionalidad

Las variables que llamamos básicas son: (Figuras 9.3 y 9.4.a y b y 9.5, así como las Figuras 3.39 y 3.48).

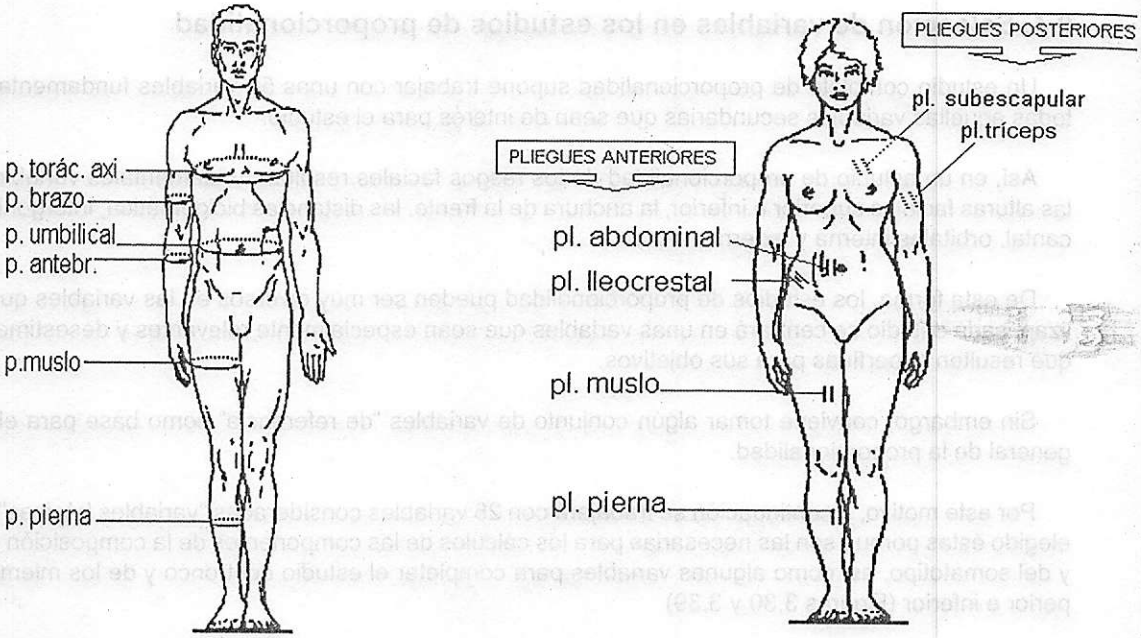


Figura 9.5. Perímetros y pliegues básicos

- Las **variables fundamentales:** la talla en bipedestación o estatura (cuyo índice Z sabemos de antemano que es igual a cero), la talla sentado, la envergadura y el peso.
- **Longitudes y alturas:** altura trocantérea y longitud de la extremidad superior.
- **Diámetros:** biacromial, antero-posterior del tórax, torácico transverso, biepicondíleo del húmero, biileocrestal, biestiloideo y bicondíleo del fémur.
- **Perímetros:** torácico axilar, umbilical, del brazo relajado y contraido, del antebrazo, de muslo y pierna.
- **Pliegues:** subescapular, abdominal, ileocrestal, del tríceps, de muslo y de pierna.

9.4.2. El perfil de proporcionalidad

En proporcionalidad tenemos que representar los índices Z de un individuo o grupo de manera que resulten claras las características esenciales. Para ello usaremos gráficos de dispersión. En el eje de abcisas se representará el valor de cada índice Z, mientras que en el de ordenadas situaremos en orden las variables de estudio. A este tipo de gráficos se les llama perfil de proporcionalidad.

En caso de estudiar las variables que llamamos básicas, el orden que seguiremos será, en el eje de ordenas, desde arriba hacia abajo: alturas y longitudes, diámetros, perímetros, pliegues y peso. Dentro de cada grupo se tiende a poner arriba las medidas del tronco o del miembro superior y, por último, las del miembro inferior.

Así, los perfiles de proporcionalidad quedan como en la Figura 9.6.

Si bien, este tipo de gráficas y variables son los que se acostumbra a utilizar en los estudios generales de proporcionalidad, cabe observar que, estas propuestas no son en forma alguna un patrón preestablecido o estándar de obligado uso en cualquier estudio de proporcionalidad.

Tal como se ha referido, los perfiles de proporcionalidad de cada estudio deberán tener sus propias variables en función de los objetivos del proyecto.

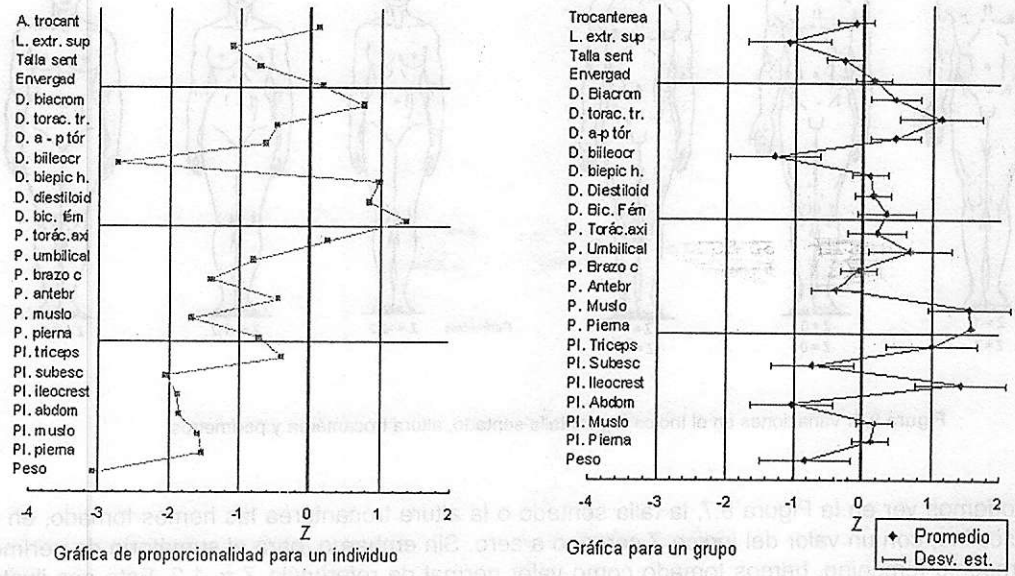


Figura 9.6. Perfiles de proporcionalidad para un individuo y para un grupo

9.5. Estadística y significado físico de los índices *Z*

9.5.1. Método estadístico en proporcionalidad

El objetivo último de cualquier método de análisis sobre datos, es la interpretación objetiva de tales datos con el fin de obtener unos resultados. Los métodos orientados al análisis de los datos cuantitativos serán la estadística y las representaciones gráficas.

El tratamiento estadístico que se aplica en el estudio de la proporcionalidad será:

- Si trabajamos con un solo individuo, sus índices *Z* los compararemos con la población de su misma edad, sexo, grupo étnico, hábitos alimenticios y actividad física o bien de la población con la que deseemos hacer la comparación de cara a variaciones en la alimentación o en la actividad física o cualquier otra característica diferenciadora.
- Si trabajamos con un grupo de individuos tendremos que realizar pruebas de bondad de ajuste (prueba de Smirnov-Kolmogorov o de Shapiro-Wilks), calcular los estadísticos básicos o usar pruebas no paramétricas, pruebas comparativas por edad, sexo, lateralidad, ... (*F*–Snedecor, ANOVA, contraste de Kruskal-Wallis, ...) y, por último, hacer un estudio de las correlaciones.

Con los resultados obtenidos, y a la vista de la bibliografía sobre el tema, realizaremos nuestras observaciones e hipótesis que, una vez contrastadas, darán lugar a las interpretaciones de los datos de nuestro estudio.

9.5.2. Significado físico de índices *Z* y de perfil de proporcionalidad

En un sentido básico, el significado de los índices *Z* corresponde a un aumento o disminución proporcional de la variable según que *Z* sea mayor o menor que el correspondiente índice *Z* de un individuo o grupo al que consideremos referente. Así, por ejemplo, en la Figura 9.7 se muestran cómo afectan sobre la anatomía las variaciones en el índice *Z* para la talla sentado, la altura trocantérea y sumatorio de perímetros en general.

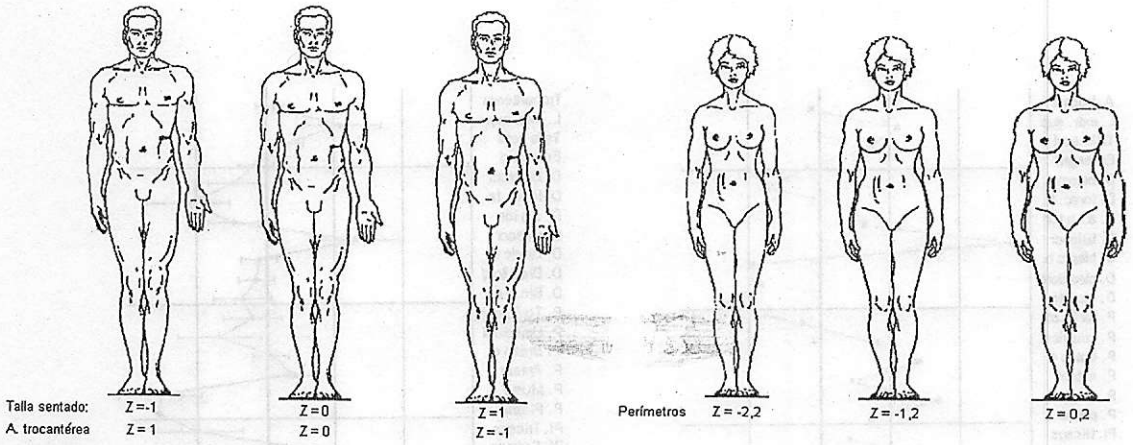


Figura 9.7. Variaciones en el índice Z para talla sentado, altura trocantérea y perímetros

Como podemos ver en la Figura 9.7, la talla sentado o la altura trocantérea las hemos tomado, en el modelo masculino, con un valor del índice *Z* cercano a cero. Sin embargo, para el sumatorio de perímetros, en el modelo femenino, hemos tomado como valor normal de referencia $Z \approx -1{,}2$. Esto nos ilustra el hecho de que el valor $Z = 0$, es decir, los valores del *Phantom*, no tienen por qué corresponder a los valores normales para cualquier individuo de la población.

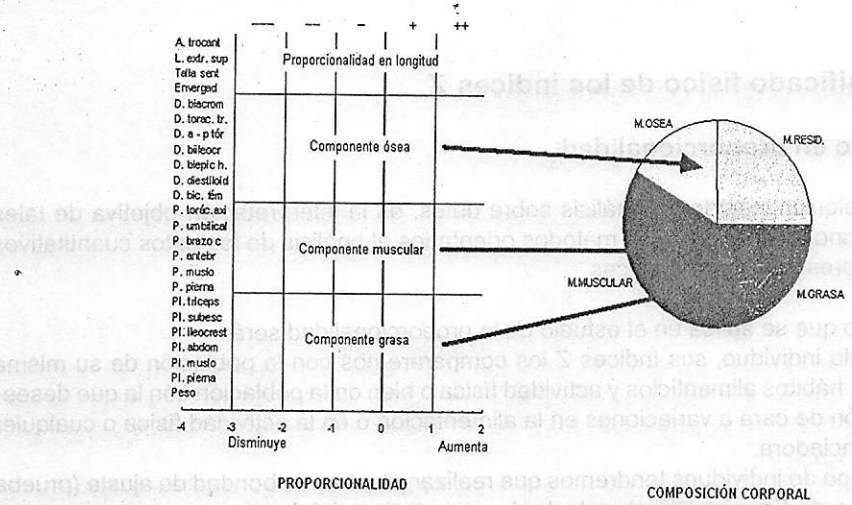


Figura 9.8. Relación entre el perfil de proporcionalidad y la composición corporal

El significado físico de los índices *Z* del modelo *Phantom* se encuentran cuando comparamos los valores de un individuo con los de un grupo o referente al que utilizaremos como ideal o prototipo para su correspondiente sexo, etnia, edad, actividad física, dieta, etc. De esta forma es importante establecer estándares o prototipos de proporcionalidad según las distintas características que pueda cumplir un sujeto de estudio.

El significado físico conjunto del perfil de proporcionalidad es muy parecido al estudio de la composición corporal, ya que, las divisiones que hemos hecho permiten definir los distintos compartimentos. Dada la relación que existe entre los diámetros y la masa ósea, los perímetros y la masa muscular y los pliegues y la masa grasa, el perfil de proporcionalidad que hemos propuesto se puede interpretar tal como indica la Figura 9.8.

Sin embargo, a diferencia del estudio de composición corporal donde no se identifica la distribución de los distintos compartimentos a lo largo del cuerpo, en el caso la proporcionalidad sí podemos determinar tal distribución, llegando a conocer si, por ejemplo, la distribución de la grasa es central o periférica.

El significado de esta representación es muy intuitivo: por ejemplo, cualquier miembro o incluso el tronco (salvando las vísceras), grosso modo, están formados por un tejido óseo central, una capa de tejido muscular alrededor y, por último, una capa de tejido graso subcutáneo.

Esta estructura nos permite representar visualmente los índices mediante el ideograma de la Figura 9.9.

Por último, solo queda conocer el sentido físico de los índices *Z* correspondientes a las alturas y longitudes. Es decir, los índices *Z* correspondientes a las primeras de las variables del perfil de proporcionalidad.

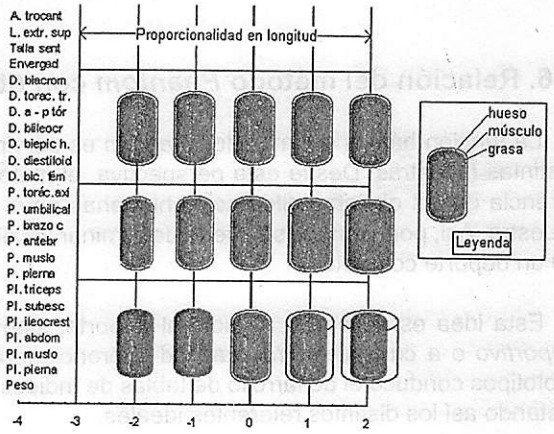


Figura 9.9. Proporción relativa entre los componentes óseo muscular y graso en función del índice Z

La proporcionalidad en longitud son los índices que indican las distintas proporciones entre las alturas y longitudes de tronco y miembros. No tienen por tanto una representación clara en forma de ideograma, sino que su significado implica una cierta desproporción de los miembros entre sí o con el tronco. En la Figura 9.4, en el modelo masculino se representa las variaciones en el índice *Z* para la talla sentado y la altura trocantérea. En la Figura 9.10 se muestra la variación del índice *Z* de la longitud de la extremidad superior y la envergadura.

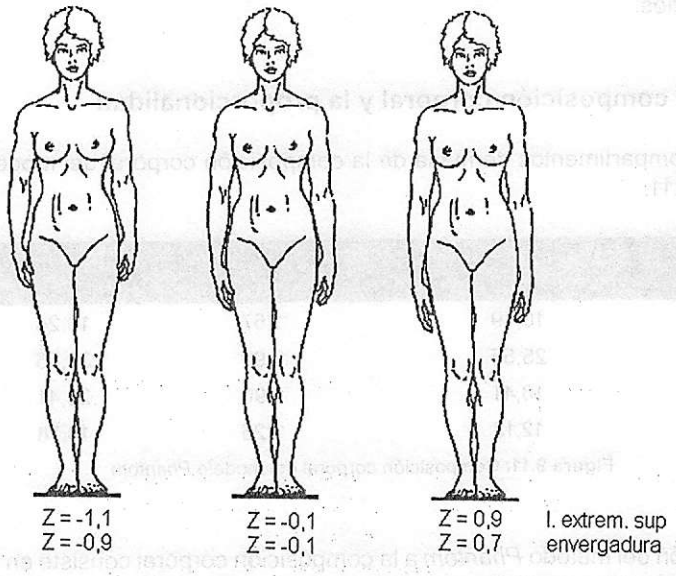


Figura 9.10. Variación del índice Z de la longitud de la extremidad superior y la envergadura

En los casos expuestos se aprecia que las diferencias en variables de alturas y longitudes entre el modelo *Phantom* y los modelos reales son pequeñas, mientras que en el resto del perfil de proporcionalidad las diferencias son mucho más notables. Ello es debido a que las alturas y longitudes, proporcionalmente,

varían poco en los individuos adultos. Sin embargo, la dieta o el ejercicio pueden modificar mucho el resto de las variables como los pliegues, o los diámetros.

En el estudio de individuos en crecimiento la proporcionalidad de las longitudes y alturas cobra una importancia fundamental, puesto que, debido a la alometría del crecimiento, la relación entre los índices Z muestra de forma clara el momento madurativo en el que se encuentra el sujeto de estudio.

9.6. Relación del método *Phantom* con otros análisis

La función básica del modelo *Phantom* es servir como patrón de medida para la comparación entre distintas muestras. Desde esta perspectiva, el método *Phantom* se usa para establecer modelos de referencia de las distintas diferencias humanas entre grupos, entre individuos o entre un individuo y una muestra. Así, por ejemplo, se puede determinar las diferencias entre un atleta y el modelo ideal o prototipo de un deporte concreto.

Esta idea es aplicable, no solo al deporte, sino también al crecimiento, la forma física como *perfil deportivo* o a cualquier otra cualidad diferenciadora entre individuos. Esta estrategia de búsqueda de prototipos conduce al desarrollo de tablas de índices *Z* para cada cualidad o característica humana, completando así los distintos referentes ideales.

Los estudios de proporcionalidad están en una posición de ventaja frente a otros métodos de análisis corporal porque permiten determinar, no solo qué diferencias existen entre un individuo y su prototipo ideal, sino que determina en qué lugares concretos de la anatomía se producen las mayores desviaciones, permitiendo concretar estrategias personalizadas para el acercamiento del individuo hacia el modelo ideal que se elija.

Así, por ejemplo, un individuo podrá tener la CC o el somatotipo exactos para la práctica de un deporte concreto, pero si la distribución de su MG y muscular en el tronco y los miembros no es la adecuada, no podrá obtener buenos resultados en tal deporte. Es precisamente el perfil de proporcionalidad quien mejor nos mostrará la distribución de cada variable y, por tanto, a partir de él se podrá determinar el tipo de dieta o los ejercicios específicos que permitan obtener un buen ajuste al prototipo y, por tanto, mejores resultados en los ejercicios.

9.6.1. Relación de la composición corporal y la proporcionalidad

Los valores de los compartimentos de masa de la composición corporal del modelo *Phantom* son los que muestra la Figura 9.11.

Componente	Valor absoluto (kg)	S del valor absoluto (kg)	Valor relativo (%)	S del valor relativo (%)
Masa ósea	10,49	1,57	16,24	2,43
Masa muscular	25,55	2,99	39,56	4,63
Masa residual	16,41	1,90	25,41	2,00
Masa grasa	12,13	3,25	18,78	5,03

Figura 9.11. Composición corporal del modelo *Phantom*

Una primera aplicación del método *Phantom* a la composición corporal consiste en permitir una evaluación precisa de las componentes mediante el cálculo de los índices *Z*. Comparando estos índices con los del promedio para sus mismas características o los prototipos elegidos, se podrán conocer las diferencias del grupo de estudio.

Otra aplicación consiste en la determinación de las componentes de la CCI a partir del perfil de proporcionalidad haciendo la relación de la Figura 9.2. En general, para calcular la CC desde la antropometría

es necesario elegir las ecuaciones adecuadas según las características del individuo o grupo de estudio. Igualmente, usando los índices *Z* de la proporcionalidad, el método de cálculo de la composición corporal es similar, invirtiendo la ecuación (2) para obtener (Ordaz, 2006):

$$\text{Comp (i)} \approx \left[\text{Comp (Ph)} + \sum_{\text{Variable}} C_{\text{Variable}} \cdot S_{\text{Variable}}(\text{Ph}) \cdot Z_{\text{Variable}}(\text{i}) \right] \left[\frac{\text{Estatura (i)}}{\text{Estatura (Ph)}} \right]^{n}$$

Los valores de los coeficientes C dependerán de cuanto contribuye cada variable en el cálculo del componente. Cuando la componente se calcula como una ecuación lineal de unas variables (como en la masa grasa de Faulkner o la de Yuhasz) los valores de coeficiente variable coinciden con los valores de los coeficientes que multiplican a las variables en la ecuación de la componente. Por su parte, *n* será la dimensión de las unidades de la componente. Es decir, si esta se calcula en porcentaje: $n = 0$. Pero si sus unidades son de masa: $n=3$.

Por ejemplo, para calcular, a partir de los índices *Z*, el porcentaje de masa grasa usando la ecuación de Faulkner, se procede de la siguiente forma: el exponente $n=0$ puesto que se está calculando el porcentaje de una componente, es decir, un valor adimensional. Por otra parte, la ecuación es lineal y todas las variables están multiplicadas por el parámetro 0,153. La ecuación resultante para el cálculo de la masa grasa de Faulkner, aplicando (4) será:

$$\%\ \text{M. grasa (i)} = 18{,}79 + \sum 0{,}153.s_v(\text{Ph}) \cdot Z_y(\text{i}) \qquad (4)$$

Proponiendo un caso concreto: si un individuo *i* tiene una altura de 168 cm y unos valores de $Z_{Tríceps}(i) = -1{,}2$; $Z_{Subescapular}(i) = 0{,}1$; $Z_{Suprailíaco}(i) = -0{,}4$ y $Z_{Abdominal}(i) = 0{,}2$, el cálculo de su porcentaje de masa grasa será el correspondiente a la Figura 9.12 para (4).

Variable (pliegue)	C (Faulkner)	sVar(Ph)	ZVar(i)	Producto
Tríceps	0,153	4,47	-1,2	-0,820692
Subescapular	0,153	5,07	0,1	0,077571
Suprailíaco	0,153	4,47	-0,4	-0,273564
Abdominal	0,153	7,78	0,2	0,238068
			Suma	-0,778617

Figura 9.12. Cálculo de $Z_{\%m.\ grasa}(i)$ a partir de los índices $Z_{Var}(i)$

Aplicando la ecuación anterior resulta: % *Masa grasa* (*i*) ≈ 18,79 - 0,78 = 18,01%

Conviene observar que la diferencia entre los resultados de la masa grasa de la ecuación de Faulkner y de la ecuación derivada de la proporcionalidad es cero, cuando la estatura de *i* es la de *Phantom*. Sin embargo, aunque en la ecuación de Faulkner no interviene la altura, en la ecuación derivada de la proporcionalidad sí (mediante los índices *Z*). Este hecho es relevante pues corrige uno de los defectos de la ecuación de Faulkner: es anatómicamente evidente que si dos individuos tienen iguales pliegues grasos, aquel más alto tendrá un porcentaje menor de grasa que el más bajo. Este dato, no tenido en cuenta en la ecuación de Faulkner, sí se contempla en la ecuación derivada de la proporcionalidad.

Otro ejemplo sería el cálculo de la masa ósea según la ecuación de Von Döbeln modificada por Rocha. En primer lugar calcularemos el valor del exponente *n* para el ecuación (3): la masa ósea, como componente que se mide en unidades de masa tiene $n = 3$. Por otra parte, $C_{estatura}$ no es necesario calcularlo, pues sabemos que $Z_{estatura}$ en el método *Phantom* es siempre igual a cero.

Esto no quiere decir que la altura no contribuya a la masa ósea en la ecuación de proporcionalidad derivada de la de Von Döbeln, sino que su contribución está incluida en el radicando del exponente *n*. El resto de coeficientes se calculan por análisis matemático y dan por resultado $C_{d.estiloideo}$ = 1,4341 y $C_{d.bicondíleo}$ = 0,7848. Multiplicando estos valores por las desviaciones estándar respectivas calculamos los números que multiplican a los índices *Z*. Como $s_{d.estiloideo}$ = 0,28 y $s_{d.bicondíleo}$ = 0,48, nos queda:

$$\text{M. ósea (i)} \approx (10{,}49 + 0{,}4015 \cdot Z_{d.estiloideo} + 0{,}3767 \cdot Z_{d.\ bicondíleo}) \left[\frac{\text{Estatura (i)}}{170{,}18} \right]^3$$

Aplicándola a un caso concreto: sea *i* un individuo de talla = 1,88 m, que tiene los valores de:

$$Z_{d.estiloideo}\,(i) = 1{,}3 \ ; \ Z_{d.bicondíleo\ femur}\,(i) = 1{,}7$$

Su masa ósea de Von Döbeln será:

Variable (diámetro)	Parámetro (Döbeln)	$Z_{Var}(i)$	Producto
Estiloideo	0,4015	1,3	0,52195
Bicondíleo fémur	0,3767	1,7	0,64039
		Suma	1,16234

Figura 9.13. Cálculo de $Z_{m.\ ósea}\,(i)$ a partir de los índices $Z_{Var}\,(i)$

Sustituyendo: $\textit{Masa ósea}(i) \approx (10{,}49+1{,}16)\cdot(188/170{,}18)^3 = 15{,}71$ kg

Cabe destacar que la diferencia entre utilizar la ecuación de Von Döbeln y la derivada de los índices *Z* es inferior al 1% cuando los índices *Z* se incluyen en el intervalo (-4, 4).

Sin embargo, a pesar de que, tal como hemos visto, los componentes de la composición corporal se puedan calcular a partir del perfil de proporcionalidad, no es este el objetivo de los estudios de proporcionalidad, ya que en estos encontramos un sentido más amplio de lo que significan las componentes corporales.

En primer lugar, el método de fraccionamiento de la masa corporal en dos, tres, cuatro o incluso cinco componentes tiene el inconveniente de trabajar con el cuerpo humano como un todo, sin diferenciar sus partes más esenciales como pueden ser miembros o tronco. Es decir, el método de la composición corporal, supone solo una aproximación poco resolutiva al problema de la evaluación corporal del individuo o grupo.

En este sentido, el estudio de la proporcionalidad con índices *Z* sí supone una clara ventaja, ya que nos permite conocer cada parte del cuerpo con un valor más concreto para su componente grasa, ósea y muscular. De esta forma se puede evaluar mejor el estado de salud y recomendar ejercicios y dietas adecuados para resolver o prevenir problemas específicos.

Por ejemplo, supongamos que un individuo posee una adiposidad central (en el tronco) superior a la correspondiente para individuos de su misma edad, sexo, etc. Desde la composición corporal, y comparando con tablas, solo observaremos que su masa grasa es superior a la normal. Sin embargo, el estudio de la proporcionalidad nos mostrará unos pliegues en el tronco con *Z* superior al promedio, mientras que para las extremidades los índices *Z* estarán dentro del promedio. Con estos datos, gracias al cálculo de los índices *Z* de la proporcionalidad, estará en condiciones de indicar el tipo de actividad física o dieta exacta y adecuada para mejorar la salud del individuo de estudio.

Otro inconveniente que muestra la CC es que, al tratar al individuo como un todo, esto es, sin atender a las divisiones anatómicas que supone el cuerpo humano, no tiene en cuenta que determinados desequili-

brios, en una parte del cuerpo, pueden verse matemáticamente compensados con otros desequilibrios en otras partes, sin que esto suponga una compensación saludable en el individuo como un todo.

Siguiendo el ejemplo anterior de un sujeto que muestra una adiposidad central superior a la correspondiente para individuos de similares características, si este sujeto muestra también una carencia de grasa en la extremidad que suple su exceso de grasa central, las ecuaciones de cálculo de la masa grasa pueden dar como resultado una masa grasa acorde con los patrones de salud, sin embargo el desequilibrio puede ser debido a importantes carencias físicas, alimentarias o a una determinada enfermedad.

Estos desequilibrios solo pueden ser puestos de manifiesto con un estudio de la proporcionalidad en el cual los índices *Z* nos indiquen qué pliegue, diámetro, perímetro, suponen un desequilibrio frente al resto de índices *Z*.

Una ventaja añadida a los índices *Z* frente a la composición corporal es que, mientras que la composición corporal necesita basarse en una serie de ecuaciones para el cálculo de cada componente, las ecuaciones, en función de los índices Z, reflejarán la composición corporal en función de factores tales como el sexo, el grupo étnico, la actividad física, etc... haciendo más real el modelo. Por el contrario, aunque los índices *Z*, en sí mismos, no nos aportan un valor exacto para cada componente, nos permiten estimar de forma cualitativa la relación entre los componentes.

9.6.2. Estimación del somatotipo desde la proporcionalidad

Al igual que sucede con la composición corporal, el somatotipo es una forma de evaluar al individuo como un todo según tres componentes: ectomorfia, mesomorfia y endomorfia. El somatotipo del modelo *Phantom* es el siguiente:

- Ectomorfia (*Ph*): 2,5; s=0,3
- Mesomorfia (*Ph*): 3,7; s=0,5
- Endomorfia (*Ph*): 4,8; s=0,6

Con estos valores se puede conocer, una vez calculado el somatotipo del individuo o grupo de estudio, cuales son sus índices *Z*. Comparando estos índices con los del promedio poblacional para sus mismas características o los modelos ideales, podemos conocer la variación respecto a tales referentes.

El paralelismo entre la proporcionalidad y el somatotipo es muy parecido al que hay con la CC. Sin embargo, puesto que para las componentes del somatotipo existen unas ecuaciones únicas, existe también una forma única de transformar los valores de proporcionalidad en los del somatotipo. Analizando primero las componentes:

Ectomorfia: el índice ponderal IP se puede escribir en función de Z_{peso} de la forma:

$$IP = \frac{100}{\sqrt[3]{1{,}7449 \cdot Z_{peso} + 13{,}1005}}$$

Aplicando esta expresión a la fórmula de la ectomorfia y aproximando el resultado mediante una regresión lineal, podemos decir que, para Z_{peso} =0 la ectomorfia es la del *Phantom*, esto es, 2,5, mientras que, conforme aumenta o disminuye Z_{peso} la ectomorfia disminuye o aumenta, aproximadamente una unidad y media. Es decir:

$$ECTOMORFIA \approx -1{,}5 \cdot Z_{peso} + 2{,}5$$

Mesomorfia: se calcula a partir de dos diámetros y dos perímetros: diámetro biepicondíleo del húmero, diámetro bicondíleo del fémur, perímetro corregido del brazo y perímetro corregido de la pierna. Llamando Z_d al índice Z de los diámetros biepicondíleo del húmero y bicondíleo del fémur y Z_p al de los perímetros de brazo y pierna y operando igual que antes encontramos que:

$$\text{MESOMORFIA} \approx 1{,}2 \cdot Z_d + 1{,}6 \cdot Z_p + 3{,}7$$

Endomorfia: se calcula a partir de la suma de los pliegues cutáneos del tríceps, subescapular y suprailíaco. Llamando Z_X a la suma de los índices Z de estos tres pliegues y operando como antes encontramos que, para $Z_X = 0$ la endomorfia es 4,8, mientras que, conforme aumenta o disminuye Z_X la endomorfia aumenta o disminuye, aproximadamente ¾, es decir:

$$\text{ENDOMORFIA} \approx 0{,}75\ Z_x + 4{,}8$$

Esta estrecha relación que encontramos entre somatotipo y proporcionalidad, en cuanto a representaciones gráficas, indica una relación aun más intuitiva, tal como muestra la Figura 9.14.

De esta forma se comprueba que estamos ante un caso análogo al de la CC considerada desde el punto de vista de la proporcionalidad. Todas las consideraciones hechas para la CC serán aplicables, por lo tanto, en caso del somatotipo.

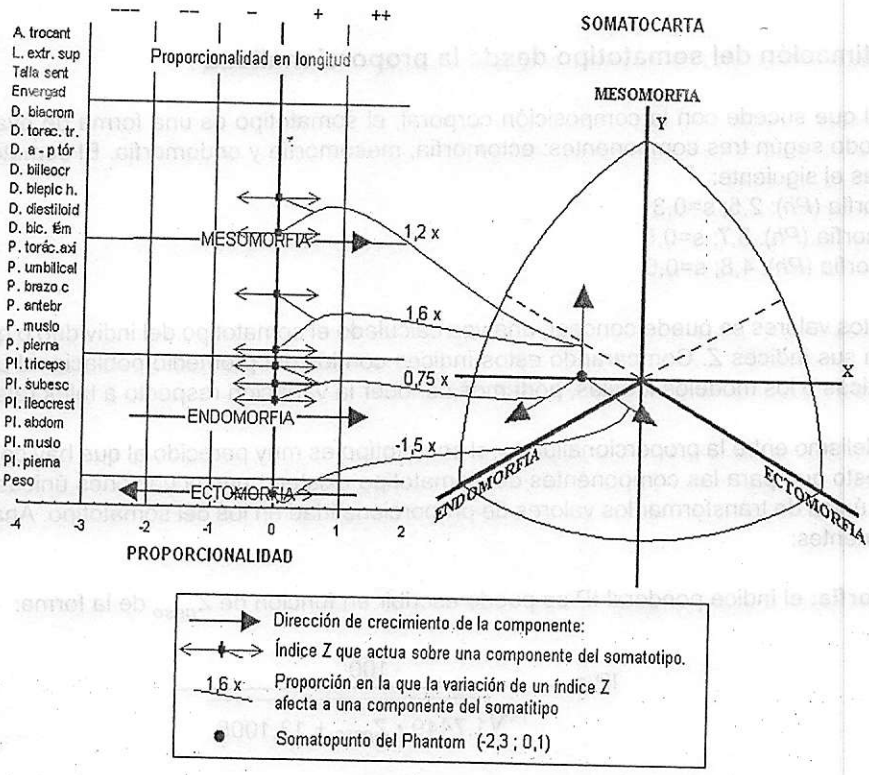


Figura 9.14. Relación entre proporcionalidad y somatotipo

9.7. Modelos de proporcionalidad

La necesidad básica y fundamental, ya señalada anteriormente, de buscar un modelo estándar es poder hacer una referencia objetiva de las medidas realizadas sobre las variables antropométricas. Sin

embargo, tal como hemos observado, la construcción del modelo imaginario *Phantom* tiene, por sí mismo, una capacidad comparativa muy limitada. Por este motivo, es interesante, especialmente cuando trabajamos con un solo individuo o con grupos muy reducidos, la búsqueda de valores estándar para subgrupos por edad, sexo, etnia, hábitos alimentarios y actividad física. A estos valores estándar se les llama *prototipos*.

No existen en la actualidad valores de referencia para cada uno de estos subgrupos debido a problemas de diversa índole. Por un lado, pocas son las bases de datos de estudios extensos que se han hecho públicas, de forma que los investigadores las puedan utilizar para ampliar sus propios estudios. Por otra parte, la mayoría de los estudios se han realizado sobre deportistas de competición, con lo cual, los valores para la población general son escasos. A pesar de estas limitaciones, utilizando las bases de datos que se consignan en la bibliografía, y aplicando las técnicas estadísticas adecuadas para cada caso, especialmente técnicas de estimadores robustos y de regresión lineal, se pueden calcular unos valores próximos a los estándares para la población general y algunos prototipos.

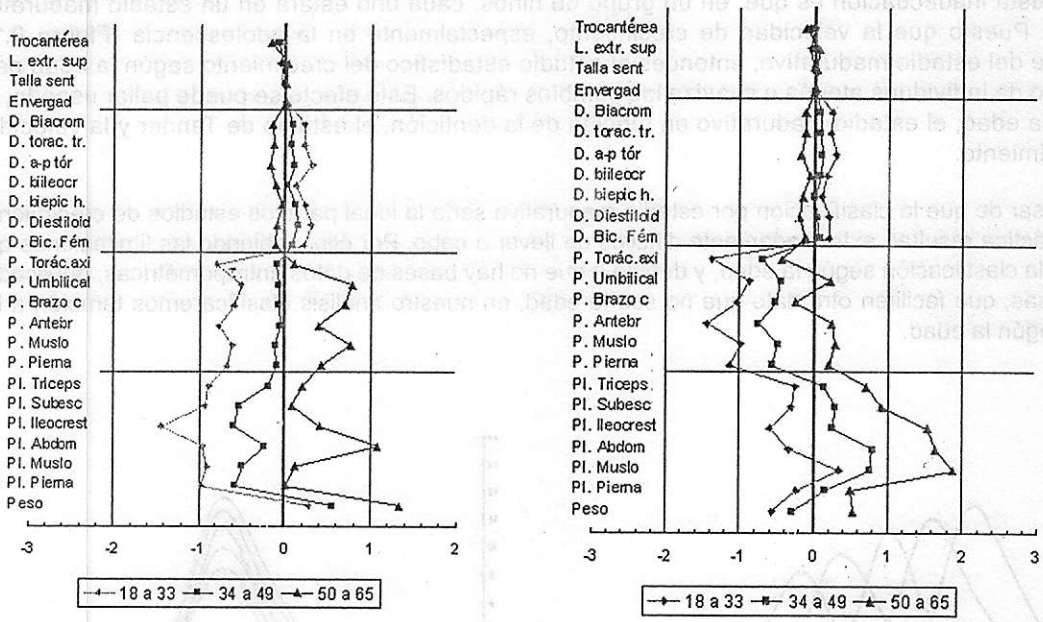


Figura 9.15. Perfil de proporcionalidad **a.** masculina y **b.** femenina por edad

9.7.1. Proporcionalidad promedio en adultos por sexo y edad

Para adultos de la población general, de etnia caucasoide, con dieta correspondiente a países industrializados (carbohidratos 50%, proteínas 15% y grasas 35%) y actividad física fundamentalmente sedentaria, divididos por sexo y clasificados en tres grupos de edad, los valores que podemos considerar promedios, para las variables básicas corresponden al Anexo III: Tablas de referencia; Tabla A.2.

Estos valores deben considerarse como una aproximación dada la dificultad ya comentada para acceder a bases de datos antropométricas generales. El método de cálculo ha sido la utilización de las diversas fuentes enunciadas en la bibliografía, junto con un trabajo estadístico basado en técnicas de estimadores robustos y de regresión lineal fundamentalmente. En la Figura 9.15 se ve el perfil de proporcionalidad de estos valores.

Se observa que, mientras con la edad la proporcionalidad de las alturas permanece casi constante (disminuye ligeramente la talla sentado), en general, los diámetros tienden a disminuir mientras que los perímetros, los pliegues algo menos y el peso aún menos, tienden a aumentar (Figura 9.15).

9.7.2. Proporcionalidad promedio durante el crecimiento

Igual de importante que establecer criterios de normalidad en adultos es establecerlos durante el crecimiento. Las variaciones en la proporcionalidad de los niños durante el crecimiento, especialmente en etapas como la primera infancia y la adolescencia, ambas con grandes cambios, aceleraciones y deceleraciones del crecimiento y alometrías muy importantes, conviene conocerlas y vigilarlas para el correcto desarrollo.

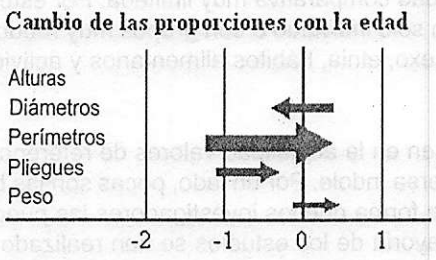


Figura 9.16. Tendencia en el cambio de las proporciones con la edad

Sin embargo, muchos estudios indican que la variable edad, aunque importante, muchas veces no es el parámetro más adecuado para medir el crecimiento (Tanner, 1978; Maestre, 2004). El motivo de esta inadecuación es que, en un grupo de niños, cada uno estará en un estadio madurativo distinto. Puesto que la velocidad de crecimiento, especialmente en la adolescencia (Figura 9.16) depende del estadio madurativo, entonces el estudio estadístico del crecimiento según la edad para un grupo de individuos atenúa o suaviza los cambios rápidos. Este efecto se puede paliar usando, en vez de la edad, el estadio madurativo en función de la dentición, el estadio de Tanner y la velocidad de crecimiento.

A pesar de que la clasificación por estadio madurativo sería la ideal para los estudios de crecimiento, en la práctica resultan extremadamente difíciles de llevar a cabo. Por ello, sabiendo las limitaciones que supone la clasificación según la edad, y debido a que no hay bases de datos antropométricas, publicadas y extensas, que faciliten otro dato que no sea la edad, en nuestro análisis clasificaremos también a los niños según la edad.

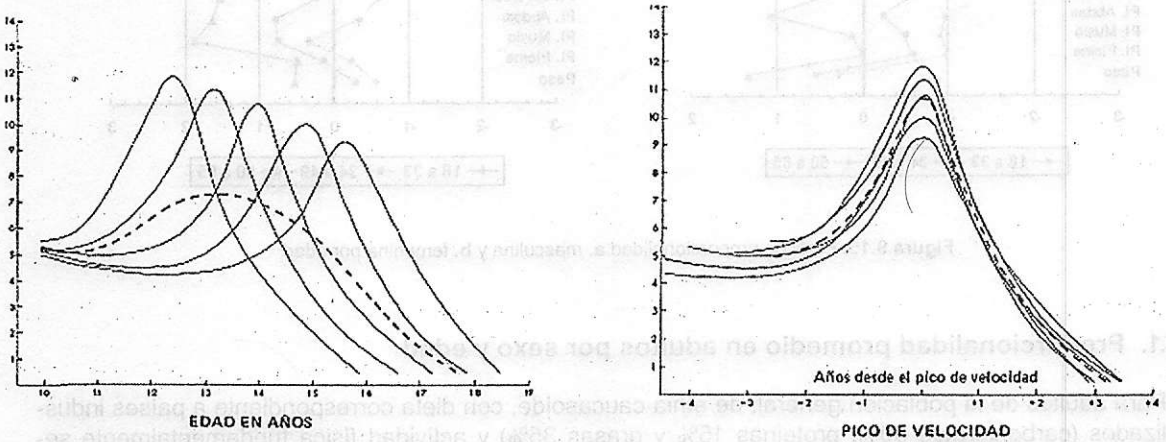


Figura 9.17. Estirón puberal de cinco individuos **a.** por edad y **b.** centrado en el punto de velocidad máxima (Tanner, 1978)

Como se observa en el Anexo III: Tablas de referencia; Tabla A.3 y en la Figura 9.16, no es fácil establecer una pauta respecto al cambio de las variables con la edad.

Esto, como ya hemos dicho, es debido a que el crecimiento no es constante para todas las partes del cuerpo, sino que varía alométricamente. El caso más extremo en este sentido sería la altura trocantérea.

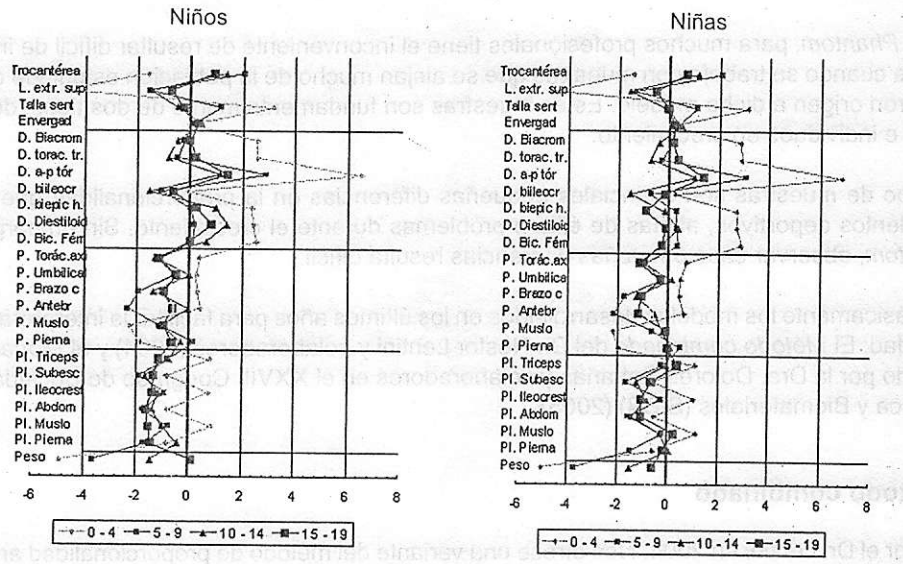


Figura 9.18. Perfil de proporcionalidad de niños y niñas por edad

Existen, sin embargo, factores generales que sí se pueden observar en estas gráficas:

- En general, la cercanía de los índices *Z* al modelo *Phantom* (*Z* = 0) supone un acercamiento a un perfil cineantropométrico adulto.
- En alturas, longitudes y diámetros, es decir, en los índices *Z* en los que se mide la componente ósea, son aquellos en los que se cumple con mayor exactitud la anterior observación. Es decir, su cercanía al modelo *Phantom* se puede evaluar como un acercamiento a un ideal de modelo adulto.
- En muchos índices *Z*, la correlación con la edad no es lineal, sino que, durante el crecimiento alcanza valores máximos o mínimos a edades intermedias, para volver a valores cercanos al *Phantom* al madurar. Por ejemplo, en el diámetro del tórax.

A pesar de estas características, existen problemas en la interpretación de la proporcionalidad para individuos en crecimiento. Antes hemos visto dos: las alometrías y correlaciones no lineales. Estas características del crecimiento dificultan enormemente la valoración del niño y su estado madurativo.

Hay también un problema técnico añadido por la utilización del modelo *Phantom* estándar en individuos en crecimiento. Este modelo supone una desviación estándar para la población que en el caso de niños deja de ser cierta. El hecho de que los valores de las variables en niños puedan ser muy inferiores a los valores en adultos, hace que en toda la población infantil su desviación estándar sea también inferior. De esta forma, como ya veremos, aplicando el modelo adulto a los niños, con una desviación estándar superior a la que les corresponde, hace que los índices *Z* tengan un valor mucho más cercano a cero (el valor normal) de lo que realmente les corresponde.

Podemos entonces resumir en tres los problemas de aplicar a los niños el mismo método de estudio de proporcionalidad que en adultos:

- Las alometrías del crecimiento dificultan el estudio de la proporcionalidad, no permitiendo saber si una diferencia en un índice es debida a una particularidad del sujeto o algo propio del crecimiento.
- Las correlaciones de las variables con la edad no son lineales, lo que dificulta en el perfil de proporcionalidad saber si, en el futuro, con el crecimiento del individuo, los índices de proporcionalidad se desplazarán en un sentido u otro.
- Aplicar el modelo de *Phantom* adulto a niños, cuyos valores de las variables antropométricas son menores infravalora los índices *Z* puesto que las desviaciones estándar del *Phantom* adulto son demasiado elevadas.

9.8. Ampliaciones al modelo *Phantom*

El método *Phantom*, para muchos profesionales tiene el inconveniente de resultar difícil de interpretar, especialmente cuando se trabaja con muestras que se alejan mucho de la población estudiada de los trabajos que dieron origen a dicho modelo. Estas muestras son fundamentalmente de dos tipos: deportistas profesionales e individuos en crecimiento.

En este tipo de muestras son esenciales pequeñas diferencias en la proporcionalidad que permiten determinar talentos deportivos, atletas de élite o problemas durante el crecimiento. Sin embargo, con el método *Phantom*, observar esas pequeñas diferencias resulta difícil.

Dos son básicamente los modelos desarrollados en los últimos años para facilitar la interpretación de la proporcionalidad: El *Método combinado* del Dr. Nestor Lentini y colaboradores (2004) y el *Modelo escalable*, presentado por la Dra. Dolores Cabañas y colaboradores en el XXVIII Congreso de Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales (SIBB) (2005).

9.8.1. El método combinado

Descrito por el Dr. Lentini en 2004. Nos ofrece una variante del método de proporcionalidad antropométrica descrito por Ross y Wilson en 1974. En él se plantea un nuevo enfoque de la proporcionalidad, basado en la estadística bayesiana, que permite obtener resultados de proporcionalidad de interpretación más sencilla y útil, en muestras que suponen grandes diferencias con la población normal.

Mediante el método combinado obtenemos los valores ideales para una población específica (como la deportiva), mediante comparaciones del individuo de estudio, bien con la élite de su deporte, con sus compañeros de equipo o consigo mismo, en distintos momentos de una temporada o a lo largo de varias temporadas. Estos valores permiten conocer la distancia estadística entre un sujeto y la media que nos interesa tipificar (llamada tipificación *Z* combinada o *TZC*).

El método usado por Lentini para calcular el *TZC* se basa directamente en la ecuación (1) de la distancia entre un individuo y una muestra (lo que estadísticamente se llama índice *Z* o *Z*-score), pero donde la muestra está formada por un conjunto llamado muestra combinada:

$$TZC_{variable}\,(i) = \frac{\text{Variable (i)} - mC_{variable}}{deC_{variable}} \qquad (5)$$

Siendo $mC_{variable}$ la media de la muestra combinada para una variable concreta y $deC_{variable}$ la desviación estándar de la muestra combinada para esa misma variable.

La muestra combinada está formada por dos muestras: la del estudio que se realiza (cuyo valor medio en una variable será $mM_{variable}$ y su desviación estándar de $M_{variable}$) y la muestra del *Phantom*, cada una con un peso asignado según la estadística bayesiana utilizada por los autores del modelo. Si la muestra de estudio tiene *n* individuos, según el método combinado los valores de $mC_{variable}$ y *de* $C_{variable}$ corresponden a las siguientes ecuaciones (Lentini, 2003):

$$mC_{variable} = \frac{\text{variable(Phantom)} + n \cdot mM_{variable}}{n+1}$$

$$deC_{variable} = \sqrt{\frac{(n-1) \cdot deM^2_{variable} + s\ (\text{Phantom})}{n+1}} \qquad (6)$$

De esta forma $mC_{variable}$ y $deC_{variable}$ vienen a sustituir a los valores de *Phantom* como referente. Al sustituir en la ecuación (5) obtenemos los *TZC* de cada variable para el individuo o grupo *i*.

Se aprecia, de la ecuación de $mC_{variable}$ (media de la muestra combinada), que este valor coincide con la media del conjunto formado por la muestra de estudio más un individuo que tuviera los valores cineantropometricos del modelo *Phantom*, mientras que el valor de $deC_{variable}$ resulta inferior a la desviación estándar de tal muestra.

Para pequeños valores de *n*, *mCvariable* y $deC_{variable}$ se desplazan, conforme aumenta *n*, desde los valores del modelo *Phantom* hacia $mM_{variable}$ y $deM_{variable}$ con un peso de *n*, de forma tal que, para valores grandes de *n* la diferencia entre los valores combinados y los muestrales tiende a cero.

Un dato a tener en cuenta al utilizar el método combinado es que los índices *TZC* calculados mediante la ecuación (5), no están normalizados respecto a la estatura, permitiendo que $TZC_{estatura}$ pueda tener un valor distinto de cero (no como en los índices *Z* del método *Phantom*). Esta característica se llama *no normalidad del método combinado*.

Como ejemplo del cálculo de $TZC_{estatura}$ supongamos un individuo *i* que tiene un valor *estatura*(*i*) = 185,2 cm y se quiere conocer el $TZC_{estatura}$ respecto a una muestra que tiene los parámetros: $mM_{estatura}$ = 174,80 cm y $deM_{estatura}$ = 12,54 cm para *n* = 873 individuos.

En primer lugar calculamos $mC_{estatura}$ y $deC_{estatura}$ aplicando las ecuaciones (6), cuyos resultados son:

$$mC_{estatura} = (170{,}18 + 873 \cdot 174{,}80) / 874 = 174{,}79 \text{ cm}$$

$$deC_{estatura} = ((872 \cdot 12{,}54^2 + 6{,}29) / 874)^{0{,}5} = 12{,}53 \text{ cm}$$

Al ser el tamaño de la muestra del ejemplo muy grande (*n* = 873) se aprecia que la diferencia entre los parámetros de la muestra y los parámetros de la muestra combinada son muy pequeños (0,006 % en el promedio y 0,08 % en la desviación estándar). Esto ilustra la escasa diferencia que existe entre ambas para muestras grandes. Sustituyendo estos valores en la ecuación (5) se obtiene:

$$TZC_{estatura} = (185{,}2\text{-}174{,}79)/12{,}53 = 0{,}83$$

Basando la interpretación de *TZC* en la ecuación (1), de la cual proviene la expresión (5), *TZC* expresa la distancia estadística absoluta que hay en la variable estatura entre el individuo *i* y la muestra combinada. Es decir, en sentido estricto, no estamos hablando de proporcionalidad entre medidas sino de distancia absoluta entre la variable y la muestra.

Esta diferencia con el método *Phantom* tradicional, es debida a la no normalidad del método combinado, y es importante para entender la diferencia en la interpretación. Supongamos que el individuo *i* del ejemplo anterior tuviera una envergadura de 187,6 cm, siendo $mM_{envergadura}$ = 178,30 cm y $deM_{envergadura}$ = 12,78 cm.

Los resultados del método *Phantom* y del método combinado serán, respectivamente:

- $Z_{envergadura}$ (*i*)= 0
- $TZC_{envergadura}$ (*i*)= 0,73

El valor de $Z_{i;Ph(envergadura)}$ = 0 indica que la envergadura entre el individuo *i* y el modelo *Phantom* es proporcional a sus estaturas respectivas. A diferencia, el valor de $TZC_{envergadura}$ = 0,73 indica que, la envergadura del individuo *i* dista de la envergadura de la muestra combinada en 0,73 veces la desviación estándar combinada.

Existe una segunda forma, muy interesante, de interpretar el *TZC* en la comparación de dos variables, bajo la condición estadística:

$$\frac{mC_{(variable_1)}}{deC_{(variable_1)}} \approx \frac{mC_{(variable_2)}}{deC_{(variable_2)}}$$

se verifica que, si $TZC_{(variable_1)} \approx TZC_{(variable_2)}$ ambas variables están en proporción respecto de la muestra combinada. Es fácil observar que, en el anterior ejemplo, aunque $TZC_{envergadura}(i) > 0$ lo que indica que la envergadura del individuo i es superior a la media, el hecho de que $TZC_{envergadura}(i) < TZC_{estatura}(i)$ hace ver que, respecto a la estatura, la envergadura es proporcionalmente menor en el individuo i que en la muestra combinada. Es decir, para que fuera proporcional la envergadura respecto a la muestra combinada $TZC_{envergadura}(i)$ debería ser igual a $TZC_{estatura}(i)$ y, por tanto, aplicando directamente la ecuación (5) la envergadura del individuo *i* debería ser de 188,91 cm.

Esta forma de interpretar los *TZC* es muy potente ya que permite comparar no solo proporcionalidades respecto de la estatura, sino entre distintas variables con iguales dimensiones. En referencia a las variables de distintas dimensiones, la interpretación requiere una transformación dimensional que complica el método.

Además, la *no normalización* respecto a la estatura, supone también otra ventaja cuando el valor de la altura tiene una gran relevancia en el estudio. Al no existir la normalización, los resultados obtenidos son fuertemente dependientes de la muestra de estudio que es lo que en principio se pretende con este método.

Sin embargo, la no normalización del método combinado plantea el problema de que los resultados obtenidos no serán fácilmente generalizables para otros estudios debido a que tales resultados dependen tanto de la muestra que, utilizando otras muestras, los resultados pueden ser muy diferentes. Esto, unido al hecho de que el referente ya no es el *Phantom* tradicional, sino que ha cambiado a otros valores, imposibilita la reproducibilidad de los resultados a no ser que se tenga la base de datos completa.

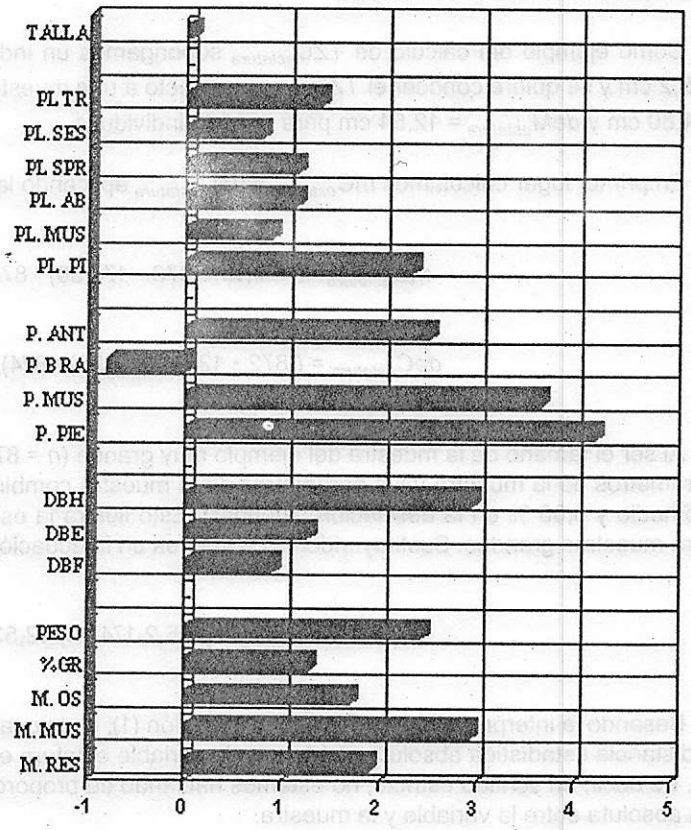


Figura 9.19. Método combinado (Garrido, 2005)

Un ejemplo de proporcionalidad mediante el método combinado corresponde a la Figura 9.19. En ella se representa la proporcionalidad de un jugador de fútbol de 2ª división B con respecto a los 25 jugadores de su equipo.

Un análisis interpretativo de este gráfico muestra que dicho deportista presenta un aumento de la masa muscular, a expensas de los perímetros del muslo y la pierna; así como un menor perímetro en brazo. Además presenta un importante pliegue graso en la pierna.

9.8.2. El método escalable

En la mayoría de los estudios de proporcionalidad el interés radica en establecer los parámetros comunes a grupos homogéneos de individuos. Es decir, establecer márgenes en los que se incluyen los individuos que cumplan una serie de características en contraposición con los márgenes de otros grupos. Sin embargo, por construcción, el modelo *Phantom* simula mejor grupos heterogéneos que grupos homogéneos. Por este motivo, la interpretación con este método resulta muchas veces difícil.

Un primer método para paliar este problema interpretativo consiste en utilizar la ecuación (2) como patrón, en vez del modelo *Phantom*, modelos considerados estándares, resultados, de estudios exhaustivos sobre poblaciones homogéneas. Los índices Z, así obtenidos, para un individuo de ese grupo respecto a su modelo estándar, serían fácilmente interpretables, pero tendrían el inconveniente, al igual que sucede con el método combinado, de ser fuertemente dependientes de la muestra y, por ello, las conclusiones no serían generalizables ni utilizables en otros estudios.

Para resolver este problema y hacer generalizable los resultados obtenidos con modelos estándares particulares se debe analizar la relación estadística que existe entre el índice Z de una variable respecto al modelo *Phantom*, que llamamos $Z_{variable}$ (*i*; *Ph*), y el índice Z de una variable respecto al modelo estándar particular, que llamamos $Z_{variable}$ (*i*; *St*).

Estadísticamente se demuestra que (Ordaz, 2006b), si se cumple la relación:

$$\frac{\text{Variable (}Phantom\text{)}}{\text{Desvst (}Phantom\text{)}} \approx \frac{\text{Variable (modelo estándar)}}{\text{Desvst (modelo estándar)}}$$

entonces se verifica: $Z_{variable}(i; Ph) \approx Z_{variable}(i; St) + Z_{variable}(St; Ph)$ (7)

Es decir, el valor del índice Z de una variable en un individuo en referencia al modelo *Phantom* se puede descomponer como la suma de dos índices Z: el primero del individuo respecto a un modelo estándar, el segundo de los valores del modelo estándar respecto al *Phantom*. En la Figura 9.20 se interpreta este resultado sobre un valor del perfil de proporcionalidad.

Si los valores de los modelos estándar o prototipos están tabulados resulta fácil calcular tanto $Z_{variable}$ (*i*; *St*) como $Z_{variable}$ (*St*; *Ph*) y de esta forma la suma de ambos términos nos devuelve los valores de $Z_{variable}$ (*i*; *Ph*).

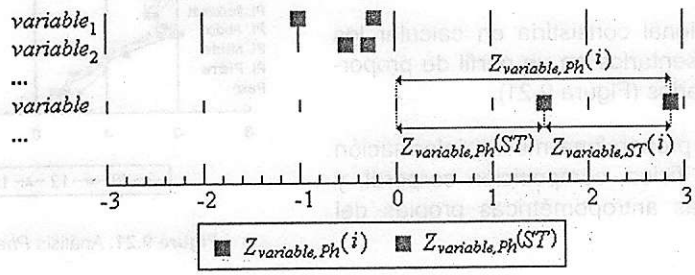


Figura 9.20. Descomposición del índice Z

Los índices con mayor significado físico son $Z_{variable}$ (*i*; *St*) que estadísticamente representan la variación proporcional que existe entre un individuo *i* y su modelo estándar de referencia o prototipo. Es decir, los valores $Z_{variable}(i; St) = 0$ corresponden a individuos proporcionales con su modelo estándar. Puesto que los prototipos están construidos sobre muestras homogéneas que por hipótesis son normales, la interpretación del índice Z como indicador del percentil del individuo dentro de su grupo, tal como mostraba la Figura 9.3 es ahora perfecta.

De esta forma, en el método escalable lo que se representa en el perfil de proporcionalidad son los índices $Z_{variable}$ (*i*; *St*) y, en base a ellos, se interpretan y se obtienen resultados específicos en relación al prototipo usado como referencia (Cabañas, Maestre, 2005). Si se desea generalizar los resultados, solo es necesario sumar los valores $Z_{variable}$ (*St*; *Ph*) que están tabulados. En el próximo apartado se ejemplifica esta mecánica.

Existen básicamente tres tipos de modelos estándar o prototipos (Cabañas, Maestre, 2005), cada uno dividido por sexo:

- **Modelos regionales:** son aquellos que muestran las características propias de una zona geográfica que, debido a su genética, clima, dieta y actividad, marca en su población una proporcionalidad característica. Se clasifican por regiones geográficas.
- **Prototipos deportivos:** corresponden a los valores propios de cada deporte. Así, el prototipo de atleta de halterofilia será muy diferente al prototipo de corredor de fondo. Se clasifican por modalidades deportivas.
- **Modelos ontogénicos:** corresponden a los cambios en la proporcionalidad debidos a la edad. De esta forma, las Tablas A.2 y A.3 del Anexo III: Tablas de referencia, corresponden al modelo ontogénico europeo y norteamericano. Se clasifican por edad.

Existen otras posibilidades de modelos estándar, especialmente aquellos que son combinación de los anteriores. Por ejemplo, modelos ontogénicos regionales para determinar el crecimiento de distintos grupos clasificados por zonas geográficas o los modelos ontogénicos deportivos.

9.8.3. El modelo ontogénico

Uno de los mayores problemas en el estudio de la proporcionalidad son los individuos en crecimiento.

El motivo es que, en ellos, los cambios en una variable pueden deberse, no solo a cambios en la actividad física o en la dieta, sino también a cambios alométricos del crecimiento.

Sea un individuo *i* al que se le realizaron medidas antropométricas a los 10, 12, 14 y 16 años y se está interesado en conocer cuál es su evolución madurativa con la edad.

El método tradicional consistiría en calcular los $Z_{variable}$ (*i*; *Ph*), representarlos en un perfil de proporcionalidad y compararlos (Figura 9.21).

Está gráfica nos proporciona mucha información respecto a la forma física, composición corporal, y demás características antropométricas propias del individuo de estudio.

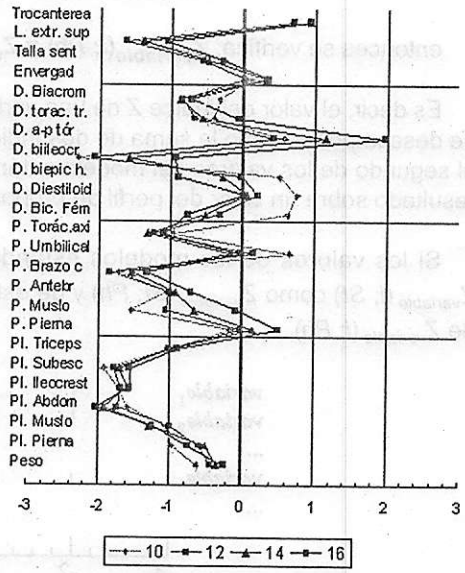


Figura 9.21. Análisis *Phantom* tradicional

Sin embargo, tratándose de la proporcionalidad de un sujeto en crecimiento, puede resultar difícil responder a dos preguntas (Cabañas, Maestre, 2005):

- ¿Los valores que se observan son los adecuados para su edad?
- ¿Las variaciones con los años son debidas al crecimiento o a otros factores?

Para responder a estas cuestiones hay que encontrar la forma de diferenciar entre el crecimiento (con sus variaciones alométricas y sus velocidades de crecimiento no lineales) y las variaciones debidas a otras causas.

Desde el método escalable se desarrolla el modelo ontogénico, cuya mecánica consiste en calcular los índices *Z*, no en función de un valor constante (como la tabla del *Phantom* tradicional) sino respecto al modelo ontogénico estándar por edad (Anexo III) que, en función de la edad nos proporcione el valor del promedio y desviación estándar de una muestra representativa de individuos para esa misma edad.

Trabajar de esta forma tiene varias ventajas: mejor y más fácil interpretación, posibilidad de representar en un solo gráfico la evolución del perfil de proporcionalidad con la edad, el valor para cada índice *Z* tiene un valor real expresable mediante un percentil y, por último, los índices *Z* no están artificialmente desplazados hacia el cero como ya se vio que sucedía aplicando el modelo *Phantom* a individuos en crecimiento.

La desventaja del modelo ontogénico, como de cualquier modelo escalable es que se aumenta el número de cálculos. Por un lado, en función de la edad del individuo en el momento de la medida tendremos que utilizar una tabla u otra del modelo ontogénico. Por otro lado, si se quieren generalizar los resultados al modelo Phantom es necesario realizar las sumas correspondientes a la ecuación (7).

Siguiendo con el ejemplo anterior, podemos evaluar cada perfil de proporcionalidad del individuo *i* por edad, por separado, y los comparamos con los índices *Z* de sus modelos ontogénicos respecto al *Phantom* para esas mismas edades (véase Figura 9.18).

En cambio, si se aplica el modelo ontogénico basado en la estrategia escalable, los perfiles de proporcionalidad estarán compuestos, en virtud de la ecuación (7), solo por las diferencias entre cada perfil de proporcionalidad en referencia al *Phantom* y el perfil de proporcionalidad del modelo ontogénico respecto al *Phantom* (Figura 9.22).

Representando estas diferencias (es decir $Z_{variable}$ *(i(edad); Ph)* − $Z_{variable}$ *(Ont(edad);Ph)*) en una sola gráfica, o lo que es lo mismo gracias a la ecuación (7), representando los valores de *Z(i(edad); Ont(edad))*. Se obtiene la Figura 9.22.

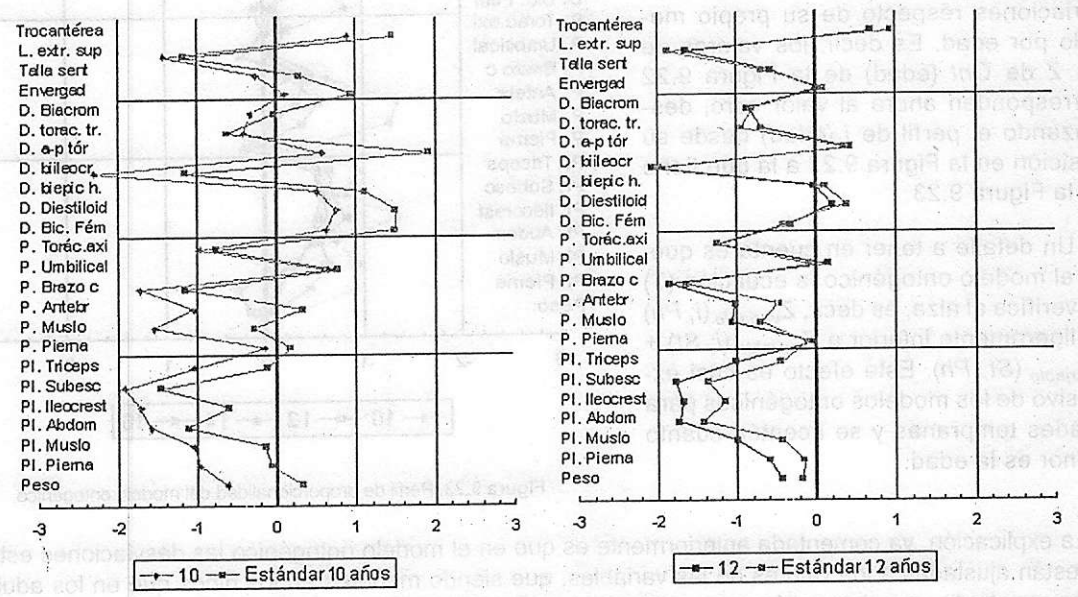


Figura 9.22.a. Comparación del individuo *i* por edad con cada modelo estándar por edad

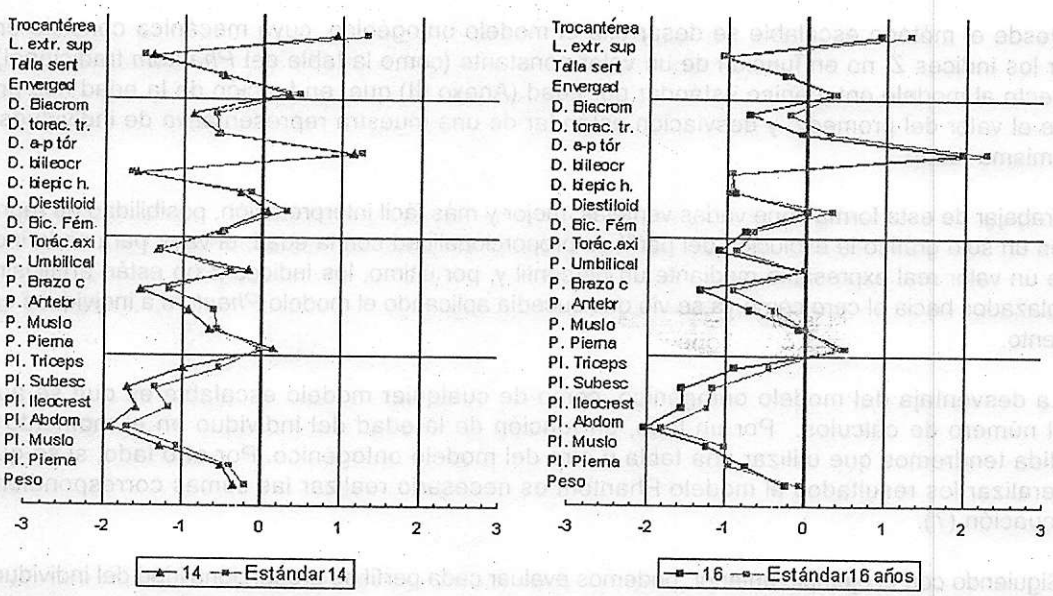


Figura 9.22.b. Comparación del individuo *i* por edad con cada modelo estándar por edad

El perfil de proporcionalidad del modelo ontogénico permite comparar la variación de cada índice *Z* conforme cambia la edad del individuo respecto a los valores promedio de la edad correspondiente.

Además, los índices *Z* son ahora las variaciones respecto de su propio modelo por edad. Es decir, los valores de los *Z* de *Ont* (edad) de la Figura 9.22 corresponden ahora al valor cero, desplazando el perfil de *i* (edad) desde su posición en la Figura 9.22 a la que tiene en la Figura 9.23.

Un detalle a tener en cuenta es que, en el modelo ontogénico la ecuación (7) se verifica al alza, es decir, $Z_{variable}$ (*i*; *Ph*) es ligeramente inferior a $Z_{variable}$ (*i*; *St*) + $Z_{variable}$ (*St*; *Ph*). Este efecto es casi exclusivo de los modelos ontogénicos para edades tempranas y se acentúa cuanto menor es la edad.

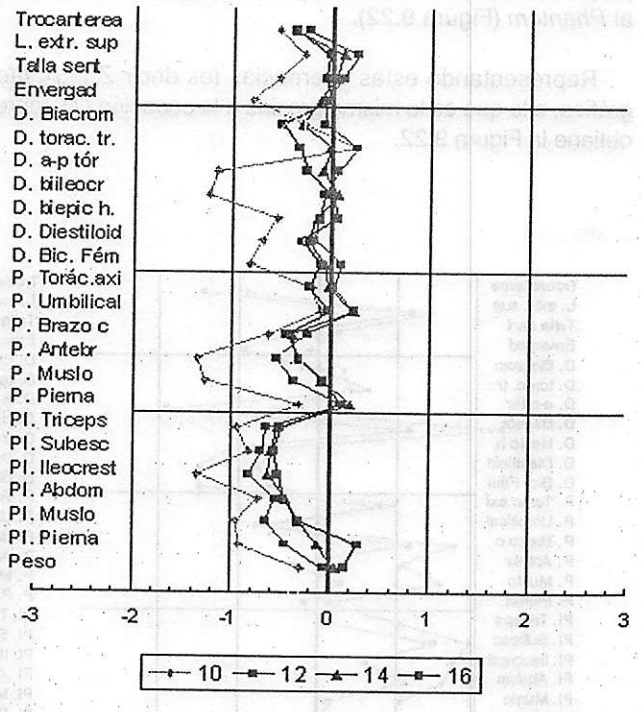


Figura 9.23. Perfil de proporcionalidad del modelo ontogénico

La explicación, ya comentada anteriormente es que en el modelo ontogénico las desviaciones estándar están ajustadas a los valores de las variables, que siendo menores en los niños que en los adultos tienen, por tanto, una desviación menor. Al ser el modelo *Phantom* un modelo adulto, los valores de las desviaciones estándar son mayores de lo correspondiente para niños y, por tanto, $Z_{variable}$ (*i*; *Ph*) resultan ser menores de lo que deberían.

La Figura 9.23 nos permite observar que, independientemente de las variaciones alométricas y la variación no lineal de la proporcionalidad, el individuo de estudio *i* cumple una serie de cualidades suyas propias. Por ejemplo, la observación de la variación de los índices *Z* de los perímetros nos indica que, mientras que a los 10 años mantenía una masa muscular pobre para su edad, esta carencia se ha visto compensada con los años, llegando a ser a los 16 años más cercana a la normalidad para su edad.

9.9. Aplicaciones de la proporcionalidad

La gran ventaja del estudio de la proporcionalidad frente a otras técnicas cineantropométricas de análisis, tales como la CC y el somatotipo, que estudian al cuerpo como un todo, es que, al trabajar la proporcionalidad con cada parte de la anatomía nos permite ver mejor los excesos y carencias físicas de cada individuo y permite realizar una evaluación exacta de las cualidades del individuo, así como las dietas más adecuadas o los ejercicios más indicados.

Para aplicar estas técnicas lo primero que debemos hacer es identificar cuál es el modelo ideal que corresponde a un sujeto en función de su sexo, edad, etc. De esta forma, una vez conocidos los índices Z de nuestro individuo y de su modelo ideal, podremos abordar el estudio de los métodos para llegar a este ideal.

De este estudio surgirán los ejercicios específicos adecuados, las dietas más indicadas en su caso, e incluso la evaluación de las soluciones quirúrgicas para determinados casos. Puesto que los dos factores fundamentales que pueden modificar la anatomía en la fase adulta son el ejercicio físico y la dieta, vamos a abordarlos a continuación.

9.9.1. Aplicación de la proporcionalidad al deporte y a la dieta

El estudio de la proporcionalidad es una de las herramientas más útiles en la detección de talentos deportivos, así como para la correcta elección de entrenamientos que mejoren el gesto deportivo, minimizando el riesgo de lesiones.

Sin embargo, en la actualidad, cuando el deporte es utilizado por millones de personas para paliar los problemas que supone la vida sedentaria, el estudio de la proporcionalidad en todo tipo de individuos supone una ventaja a la hora de determinar qué ejercicios y cuántas horas son las adecuadas para mantener una buena calidad de vida.

Como ya se comentó, a la hora de abordar el estudio de la proporcionalidad de un sujeto con el fin de planificar una actividad física concreta, lo primero que hay que hacer es buscar el modelo ideal del individuo y comparar los índices *Z* de ambos, sujeto y modelo ideal.

Así, por ejemplo, si en un individuo $Z_{perímetro\ brazo}\ (i) > Z_{perímetro\ brazo}\ (ideal)$, pero $Z_{perímetro\ pierna}\ (i) < Z_{perímetro\ pierna}\ (ideal)$, los ejercicios más adecuados para nuestro individuo serían aquellos en los que se trabaja más la extremidad inferior. De igual forma, si $Z_{pliegue\ abdominal}\ (i) > Z_{pliegue\ abdominal}\ (ideal)$, pero el resto de los pliegues cutáneos tienen un índice cercano al ideal, se recomendaría especialmente aquellos ejercicios que trabajen concretamente la zona abdominal.

Al igual que sucede con la actividad física, el estudio de la proporcionalidad nos facilita información muy importante de cara a establecer una dieta adecuada. En función de las diferencias entre los índices *Z* de nuestro individuo de estudio y los del modelo ideal, podremos determinar la proporción de carbohidratos, proteínas y grasas que debería tener una dieta adecuada para alcanzar los objetivos marcados.

9.9.2. Aplicación de la proporcionalidad a la salud

Dice la OMS que salud es el *estado en que el ser orgánico ejerce normalmente todas sus funciones*. Desde este punto de vista, una proporcionalidad que permita ejercer normalmente las funciones corporales en un individuo forma parte de su estado de salud.

[redacted] esfuerzo menor para el individuo. De esta forma podemos alcanzar más fácilmente los objetivos marcados.

9.9.3. Determinación del estadio madurativo

Como ya hemos comentado, no todos los niños maduran a la vez. Debido fundamentalmente a factores hereditarios y a la combinación de dieta y ejercicio, unos niños alcanzan los distintos estadios madurativos antes que otros. Por ello, los estudios realizados en función de la edad madurativa son más exactos que los realizados según la edad en años.

Existen clásicamente dos formas ampliamente estudiadas para conocer el estadio físico madurativo de un niño: por la dentición (Anexo III, Tabla A.4) y por los caracteres sexuales de la pubertad, más conocidos como estadios de Tanner (Anexo III, Tabla A.5).

Desde la antropometría general existen también varias formas de determinar el estadio madurativo del muchacho o muchacha en crecimiento. Esto es debido a las alometrías. Es decir, a las distintas velocidades de crecimiento para cada parte del cuerpo.

Por ejemplo, en un recién nacido la talla sentado es superior a la altura trocantérea. Sin embargo, conforme pasen los años la altura trocantérea crecerá más rápidamente que la talla sentado, hasta que a los 7 años en niñas o a los 8 en niños ambas, trocantérea y talla sentado se hacen iguales. Esta tendencia se invertirá más adelante hasta que, a los 17 años en muchachas y 18 años en muchachos, la talla sentado pasa de nuevo a ser superior que la altura trocantérea.

Otro caso importante de proporción entre distintas partes del cuerpo es la aparición de la menarquia. Los estudios sobre la menarquia, en función del peso y la talla, son muy numerosos. En Estados Unidos, el peso medio de una muchacha en el momento de la menarquia es de 47,8 kg y su estatura media 158 cm, con unos márgenes estadísticos particularmente estrechos (en torno a un 3%).

Por este motivo, algunos investigadores han supuesto la existencia de un **IMC umbral**, alrededor de 19,15 para que se desencadene el proceso. Puesto que la CC varía durante el estirón puberal, siendo la proporción entre el peso corporal graso y no graso de 1 a 5, al comienzo del estirón, y de 1 a 3 en el momento de la menarquia, este hecho y la estrecha relación que existe entre la MG y el IMC pueden explicar la existencia de este valor umbral.

También se pueden encontrar patrones de maduración en el estudio de la proporcionalidad. En la Figura 9.15 se muestran las variaciones de los índices *Z* (respecto al *Phantom* adulto) con la edad en cuatro medidas antropométricas fundamentales, fáciles de obtener, para muchachos y muchachas entre los 0 y 20 años, de cara a poder establecer la edad madurativa. Para ello se han marcado los puntos de cruce entre los distintos índices, así como algunos de los cortes de estos índices con los ejes *Z* = -4, -2, 0, 2 y 4.

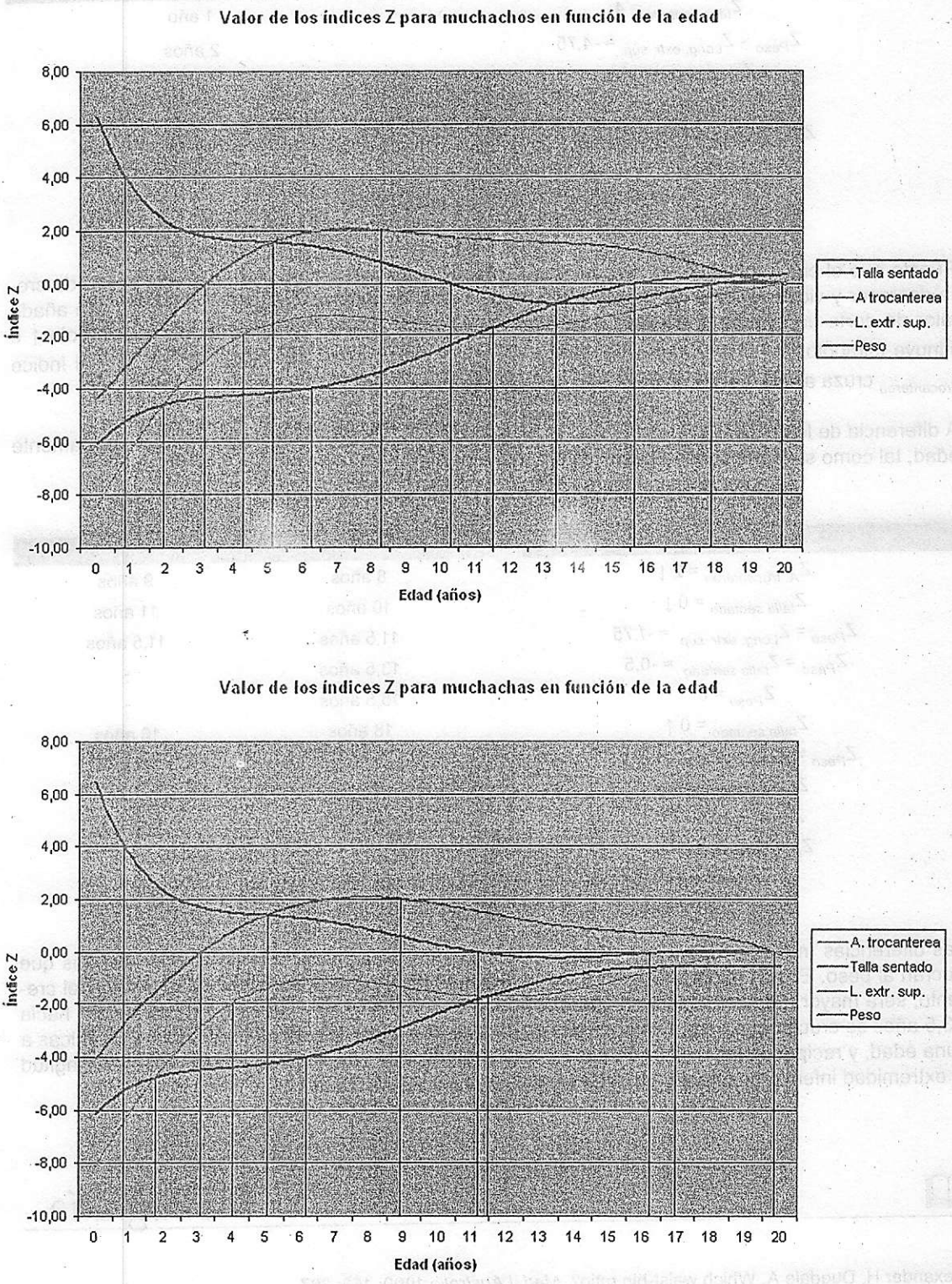


Figura 9.24. Evolución de los índices Z con la edad en niños y niñas

La primera observación que podemos hacer a estas gráficas es que, los puntos de corte de los índices Z hasta los 6 años son prácticamente iguales para ambos sexos (Figura 9.25).

Índice Z	Edad
$Z_{talla\ sentado} = 4$	1 año
$Z_{Peso} = Z_{Long.\ extr.\ sup.} \approx -4{,}75$	2 años
$Z_{A.\ trocantérea} = 0\ \uparrow$	3 años
$Z_{Long.\ extr.\ sup.} = -2$	4 años
$Z_{A.\ trocantérea} = Z_{talla\ sentado} \approx 1{,}5$	5 años
$Z_{Peso} = -4$	6 años

Figura 9.25. Puntos de corte de los índices Z

Puesto que el crecimiento de las variables no es lineal, los índices *Z* en varios puntos pasan de crecer a decrecer y viceversa. Por ello, para evitar confusiones, en algunos casos se ha tenido que añadir al valor de corte un símbolo indicando si el corte se produce cuando el índice aumenta (símbolo ↑ o disminuye (símbolo ↓). Tal es el caso de "$Z_{A.\ trocanterea} = 0\ \uparrow$" con lo que se quiere indicar que el índice $Z_{A.\ trocanterea}$ cruza al eje $Z = 0$ cuando $Z_{A.\ trocanterea}$ está aumentando.

A diferencia de lo que sucede hasta los 6 años, a partir de ahí tales puntos difieren significativamente en edad, tal como se aprecia en la Figura 9.26.

Índice Z	Masculino	Femenino
$Z_{A.\ trocantérea} = 2\ \downarrow$	8 años	9 años
$Z_{talla\ sentado} = 0\ \downarrow$	10 años	11 años
$Z_{Peso} = Z_{Long.\ extr.\ sup} \approx -1{,}75$	11,5 años	11,5 años
$Z_{Peso} = Z_{talla\ sentado} \approx -0{,}5$	13,5 años	-
$Z_{Peso} = 0$	15,5 años	-
$Z_{talla\ sentado} = 0\ \uparrow$	18 años	16 años
$Z_{Peso} = Z_{Long.\ extr.\ sup.} \approx -0{,}5$	-	17 años
$Z_{A.\ trocantérea} \approx 0$		
$Z_{talla\ sentado} \approx 0$	20 años	20 años
$Z_{Long.\ extr.\ sup.} \approx 0$		

Figura 9.26. Puntos de corte de los *Z* para edad mayor de 7 años

Las diferencias más importantes en estas edades entre muchachos y muchachas son aquellas que involucran al peso. Ello es debido, en gran medida, a que el índice *Z* del peso en chicos, al final del crecimiento, será mayor que cero, mientras que en chicas será inferior a cero. De ahí que, en chicos, hacia los 13,5 años se crucen los índices de peso y talla sentado, mientras que esto no se produce en chicas a ninguna edad, y recíprocamente, en chicas hacia los 17 años se cruzan los índices del peso y la longitud de la extremidad inferior, no produciéndose este último cruce en los chicos.

Bibliografía

- Alexander H, Dugdale A. Which waist-hip ratio?. *Med J Australia* 1990; 153: 367.
- Alvero JR. *Proporcionalidad en jugadores de balonmano.* Actas del Congreso científico Olimpico: Biomecánica y Cineantropometría 1992; 192-198.
- Barnict NA. The size and shape of the body. En: Harrison GA, Weiner JS, Tanner JM, Barnicot NA. *Human Biology. An introduction to human evolution, variation, growth and ecology.* Oxford University Press. Oxford; 1977. p. 187-206.

- Cabañas MD, Maestre MI, Herrero A. *Cambios de la proporcionalidad corporal durante el crecimiento en edades adolescentes.* XXVIII Congreso de la Sociedad Ibérica de biomecánica y biomateriales. Cáceres (Spain). 2005.
- Carter JEL, Yuhasz MS. Skinfolds and Body Composition of Olympic Athletes. En: Carter JEL. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part II. Kinanthropometry of Olympic Athletes. Medicine and Sport Science.* Basel: S. Karger. 1984; 18: 144-182.
- Carter JEL. *Factores morfológicos que limitan el rendimiento humano.* PubliCE Standard. 2003; Pid: 139.
- Carter JEL. *The Heath-Carter somatotype method.* San Diego. San Diego State University. 1975.
- Clarys JP, Martin ED, Drinkwater TD, Marfell-Jones MJ. The skinfolds myth and reality. *Journal of sport science* 1987; 5:3-33.
- Comas J. *Manual de antropología física.* Fondo de Cultura Económica. México. 1966.
- Dittmar M. Linear growth in weight, stature, sitting height and leg length, and body proportions of Aymara schoolchildren living in an hypoxic environment at high altitude in Chile. *Z Morphol Anthropol* 1997; 81(3):333-44. En URL http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ PMID: 9428192 [PubMed - indexed for MEDLINE].
- Drinkwater DT, Clarys JP, Martin AD, Marfell-Jones MJ, Janssens V, Caboor D. Human body composition: A review of adult dissection data. *Am J Hum Biol* 1999; 11:167-74.
- Drinkwater DT, Martin AD, Ross WD, Clarys JP. Validation by cadaver dissection of Matiegka´s equations for the anthropometric estimation of anatomical body composition in adult humans. En: Day JAP. *Perspectives in kinanthropometry.* The 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings. Human Kinetics. Champaign, IL. 1986; 1: 221-227.
- Drinkwater DT, Ross WD. Anthropometric fractionation of body mass. En: Ostyn W, Beunen G, Simons J. *Kinanthropometry II.* Baltimore. University Park Press. 1980; 177-188.
- Drinkwater DT. *An anatomically derived method for the anthropometric estimation of human body composition.* [D. Thesis]. Simon Fraser University. Canada. 1984.
- Eiben OG. *On relative body measurements and indices in the research of physique.* Acta F.R.N. Univ. Comen. Anthrop. 1976; XXII, I: 69-73.
- Eiben OG. Ross WD, Christensen W, Faulkner R. Proportionality characteristics of female athletes. *Anthrop Kozl* 1976; 20: 55-67.
- Eiben OG. *The Physique of woman athletes.* Budapest. Hungarina Sci. Council for Phys. Education. 1972.
- Frisancho AR. *Human adaptation and accomodation.* Ann Arbor. University of Michigan Press. 1993.
- Garrido RP, González M, Expósito I, Garnes AF. *Valoración de la proporcionalidad mediante el método combinado. Estudio realizado con 873 futbolistas.* Lecturas: Educación física y deportes. 2005; 81.
- Garrido RP, González M, Soro J, Garnes AF, Pérez J. Proporcionalidad: Método Combinado en Futbolistas. *Archivos de Medicina del Deporte* 2005; 3, 103: 422-423.
- Heath BH, Carter JEL. Somatotyping. Development and applications. En: Lasker, G.W., Mascie-Taylor, C.G.N., Roberts, D.F. *Cambridge studies in biological anthropology, 5.* Cambridge University Press, New York. 1990.
- Huxley JS. *Problems in relative growth.* London. Methuen.1932.
- Kerr D. *An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses in males and females aged 6 to 77 years* [Unpublished MSc thesis]. Simon Fraser University. Burnaby BC. Canada. 1988.
- Keys A, Brozek J. Body Fat in Adult Man. *Physiological Reviews* 1953; 33: 245-317.
- Knussman, R. Desarrollo, constitución y sexo. En: Becker PE. *Genética humana* 1971; 1: 278-415.
- Lapunzina P, Aiello H. *Manual de Antropometría normal y patológica. Fetal, neonatal, niños y adultos.* Masson. Barcelona. 2002.
- Lentini NA, Verde PE. El método combinado: una propuesta específica en proporcionalidad antropométrica. *Archivos de medicina del deporte* 2004; 101: 223-229.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes* [tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 2004.
- Malina RM, Little BB, Bouchard C, Carter JEL, Hughes PCR, Kun-ze D, Ahmed L. Growth status of Olympic athletes less than 18 years of age. En Carter JEL. *Physical structure of Olympic athletes, Part II: Kinanthropometry of Olympic athletes.* Basel Karger. 1984.
- Marrodán MD, González ML. *Crecimiento y dieta: Hábitos de los jóvenes españoles.* SM. Madrid. 2003.
- Martin AD, Drinkwater DT, Clarys JP. Human body surface area: validation of formulae based on a cadaver study. *Human Biol* 1984; 56:475-88.
- Martin R, Saller K. *Lerbuch deranthropologie.* Stutgart. Gustav Fischer. 1957.
- Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol* 1921; 4: 223-230.
- Nevill AM, Ramsbottom R, Williams C. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. *European Journal of Applied Physiology* 1992; 65: 110-117.
- Olds TS, Norton KI, Ly SV, Lowe ELA. Similarity systems in anthropometry. En: Norton KI, Olds TS. *Anthropometrica* University of New South Wales Press. Sydney. 1996; 122-145.

- Ordaz E. *Changed reference models in proportionality analysis.* Cornell University. New York; 2006a. Physics/0602064. En URL: http://xxx.lanl.gov/abs/physics/0602064.
- Ordaz E. *Transformation of equations in analysis of proportionality through referent models.* Cornell University. New York; 2006b. Physics/0602154. En URL: http://xxx.lanl.gov/abs/physics/0602154.
- Pacheco JL. *Antropometría de los atletas españoles de elite* [tesis doctoral]. Departamento de Biología Animal I. Sección de Antropología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. 1993a.
- Pacheco JL. La proporcionalidad corporal. En: Esparza F. *Manual de cineantropometría. Monografías FEMEDE:* 1993b.
- Pérez B. *Efectos del entrenamiento sobre el crecimiento y desarrollo en niños y adolescentes.* Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales de FACES. Caracas.
- Pérez B. *Los atletas venezolanos. Su tipo físico.* Ediciones FACES/UCV. Caracas. Venezuela. 1981.
- Porta J, González J, Galiano D, Tejedo A. Valoración de la Composición Corporal. Análisis Crítico y Metodológico. *Car New* 1995; 7-8.
- Reilly JJ, Wilson J, McColl JH, Carmichael M, Durnin. Ability of biolectric impedance to predict fat-free mass in prepuberal children. *Pediatr Res* 1996; 39: 176-179.
- Ross WD, Marfell-Jones M. Cineatropometría. En: Duncan MJ. *Evaluación fisiológica del deportista.* Paidotribo. Barcelona. 1993.
- Ross WD, Ward R, Leahy RM, Day JAP. Proportionality of Montreal Athletes En: Carter JEL. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project. Medicine and Sport.* Basel. Karger. 1982; 16: 81-106.
- Ross WD, Ward R. Human proportionality and sexual dimorphism. In: *Sexual Dimorphism in Homo Sapiens.* R. Hall. Praeger. New York. 1982; 317-361.
- Ross WD, Ward R. Proportionality of Olimpic Athletes. En: Carter, JEL. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part II. Kinantropometry of Olimpic Athletes. Medicine and Sport.* Basel. Karger. 1982; 18: 110-143.
- Ross WD, Wilson NC. A stratagem for proportional growth assessment. En: Borms J, Hebbelinck M. *Children and exercise.* Acta Paediatrica. Bélgica, 1974; 28: 169-182.
- Ross WD. Anthropometry before 1900. En: *Kinanthreport.* ISAK. 2000; XIII; 1: 11-17.
- Ross WD, Carr RV, Carter JEL. *Anthropometry illustrated.* Turnpike Electronic Publications Inc. Canada. 2000.
- Ross WD. The Phantom stratagem for proportional growth assessment: questions and answers. *Human Biol* 1985; 16: 153-167.
- Sheldon WH, McDermott E, Dupertuis CW. *Atlas of Men.* Harper and Brothers, New York. 1954.
- Sheldon WH. *The somatotype, the morphophenotype and the morphogenotype.* Cold springers harbor symposia on quantitative biology. 1951; 15: 373-382.
- Shephard RJ, Labarre R, Jequier JC, Lavallee H, Rajic M, Volle M. The Unisex Phantom sexual dimorphism, and proporcional growth assesement. *Am J Phys Anthrop* 1985; 67, 4: 281-289.
- Tanner JM. *Foetus into Man.* Harvard University Press. Cambridge. 1978.
- Vallois HV. Anthropometric techniques. *Current Anthrop* 1965; 6, 2:127-143.
- Ward R, Ross WD, Leyland AJ, Selbie S. *The Advanced O-Scale Physique Assessment System.* Kinemetrix. Bumaby. 1989.
- Wilmore JH, Behnke AR. An anthropometric estimation of body density and lean body weigth in young women. *American Journal Clin Nutr* 1970; 23: 267-274.

UNIDAD IV
Ámbitos de aplicación

Capítulo 10. ONTOGENIA HUMANA

10.A. Crecimiento y maduración
10.B. Valoración del crecimiento y del estado nutricional
10.C. Variación de composición corporal en la mujer
10.D. Cineantropometría de los mayores

10.A. Crecimiento y maduración

Consuelo Prado Martínez
M. Dolores Marrodán Serrano
Antonio del Valle Ramiro

10.A.1. Introducción y conceptos fundamentales

En el momento de la fecundación se inician una serie de complejos mecanismos de multiplicación y diferenciación embrionaria que conducen a la formación del feto que, llegado a término, abandonará el claustro materno. El recién nacido sigue aumentando su volumen hasta alcanzar el tamaño y las proporciones de adulto, si bien los cambios morfofisiológicos no se detienen aquí, continuando a lo largo de toda la vida. Así, una vez alcanzada la madurez, el individuo entra en una etapa involutiva, marcada por un determinado ritmo de envejecimiento que conlleva deterioro y pérdida progresiva de las funciones fisiológicas. Este devenir biológico, descrito a grandes rasgos, es el proceso ontogénico humano para cuya comprensión y análisis es conveniente aclarar una serie de términos y conceptos fundamentales.

Entendemos por *crecimiento* el fenómeno biológico que consiste en un aumento volumétrico de la masa corporal por el incremento en el número y tamaño de las células del organismo, así como por la incorporación de nuevas moléculas al espacio extracelular. Denominamos *maduración* al progreso en el grado de organización, diferenciación y complejidad de las estructuras orgánicas que conduce a la adquisición de nuevas funciones.

Aunque ambos procesos tienen distinto significado biológico, transcurren de manera simultánea a lo largo de la ontogenia. El crecimiento, por su carácter cuantitativo, puede medirse con facilidad y expresarse numéricamente mediante el incremento en las dimensiones corporales en función del tiempo: así, podemos utilizar como indicadores la talla en cm/año o el peso en kg/año, entre otros. Sin embargo, el desarrollo se refiere a aspectos cualitativos y, para su estima, es necesario recurrir a ciertos parámetros que muestran, de modo indirecto, la capacidad morfofuncional alcanzada por los distintos órganos y sistemas. De este modo, características tales como la fuerza muscular, la capacidad vital, la erupción de las piezas dentarias, los caracteres sexuales secundarios o la menarquia, entre otros, nos van a servir como indicadores del grado de madurez o nivel de desarrollo alcanzado en un momento concreto.

10.A.2. Las etapas del ciclo vital

Aunque la ontogenia transcurre de manera gradual y continua, es posible delimitar dos etapas fundamentales. La **prenatal,** que incluye desde la formación del zigoto hasta el nacimiento, y la **postnatal**, que finaliza con la muerte del individuo. En la Tabla 10.A.1 se propone una clasificación de los distintos estadios en los que puede subdividirse el ciclo vital humano que, si bien no tienen un límite absolutamente preciso, obedecen a criterios relativos a los principales cambios morfológicos y madurativos que se van sucediendo a las distintas edades.

De este modo, la **fase blastémica**, que abarca las tres primeras semanas a partir de la concepción, finaliza cuando el tubo cardiaco adquiere la capacidad de propulsión necesaria para permitir la circulación sanguínea, haciendo posible el cese de la nutrición del huevo por difusión. Aquí se inicia el **periodo embrionario**, caracterizado por la rápida diferenciación y morfogénesis que se extiende hasta el 4º mes de gestación, en el que comienza la **fase fetal.** Durante la misma, que concluye en el nacimiento, los distintos órganos y sistemas ya formados se van perfeccionando desde el punto de vista anatómico y funcional.

En la **primera infancia**, se considera como **periodo de lactancia** el tiempo que transcurre desde el segundo mes al primer año de vida, tiempo este de rápido crecimiento al que sucede la **fase de destete** que culmina hacia los 24 meses, con la emergencia de los últimos dientes de leche. Comienza entonces la denominada **segunda infancia**, infancia media o niñez, etapa en la que las diferencias sexuales para el tamaño corporal son mínimas y que finaliza cuando la dentición decidua empieza a ser sustituida por los

dientes permanentes. **La tercera infancia**, también llamada gran infancia o infancia tardía, es el siguiente lapso que comprende desde los siete años al inicio de la pubertad cuyas primeras manifestaciones tienen lugar alrededor de los 10-11 años en las niñas y entre los 12 y los 13 en los varones. Obviamente no puede establecerse un límite cronológico fijo para la pubertad, siempre más precoz en el sexo femenino, puesto que este fenómeno biológico, en buena parte determinado por la herencia, se ve notablemente influido por factores de tipo geoclimático y socioeconómico, lo que ocasiona una gran variabilidad entre los grupos humanos actuales.

En cualquier caso, convencionalmente, se estipula para este intervalo una duración que va desde los 10-11 años hasta los 15-16 en las niñas, y desde los 12-13, hasta los 16-17 en los varones. Pasada esta etapa de transición entre la niñez y la juventud, el individuo se clasifica aún como **subadulto** hasta aproximadamente los 21 años edad, en que el crecimiento se da por concluido, pasando entonces a considerarse como **adulto**. En esta etapa pueden también considerarse distintos momentos, cuyos límites no tienen gran precisión dado que, al igual que sucede con la pubertad, los cambios involutivos ligados al envejecimiento muestran notable variación individual, sexual y poblacional (Bernis, 2005). Además, aunque dependen de factores endógenos de tipo genético, se ven mediatizados por causas exógenas como el estrés, la actividad física, el nivel socioeconómico y la alimentación, entre otras (Herrera, 2003; Valle Ramiro y cols., 2004). Por otra parte, en el mundo desarrollado, donde la calidad de vida ha propiciado una gran longevidad, el final de la vida reproductiva no significa necesariamente haber llegado a la vejez, por lo que parece cada vez más retrasada la edad de inicio de la **fase senil**.

Etapa	Duración
Prenatal	
Blastémica	Fertilización a 3ª semana
Embrionaria	4ª semana a 3º- 4º mes
Fetal	4º mes al nacimiento
Postnatal	
Perinatal	Nacimiento a 48 horas
Neonatal	48 h a 28 días
Primera infancia	2º a 12º mes (lactancia) 13 a 24 meses (destete)
Segunda infancia	3-6 años
Tercera infancia	7 años a la pubertad
Pubertad	Variable (generalmente desde los 10-11 años a los 15-16 años en las niñas y desde los 12-13 años a los 16-17 años en los varones)
Subadulto	4-6 años posteriores a la pubertad
Adulto (primera etapa)	21 años al final de la edad reproductiva
Adulto (etapa transicional)	Variable hasta los 65 años de promedio
Adulto (mayor)	Desde de los 65-70 años hasta la muerte

Tabla 10.A.1. Etapas del ciclo vital

10.A.3. El patrón de crecimiento normal

En comparación con otros mamíferos y, en particular, con el resto de los primates el crecimiento de nuestra especie es un fenómeno lento que constituye un paradigma de paidomorfismo. Durante el mismo se produce un aumento lineal y volumétrico del individuo, que se acompaña de una maduración de órganos y sistemas. Como indicamos anteriormente, la maduración implica la completa adquisición de la plena funcionalidad biológica y mientras el aparato respiratorio, por ejemplo, "madura" en el momento del nacimiento, otros sistemas orgánicos como el reproductor son mucho más lentos. Según la clásica definición de Scammon (1930) se pueden establecer cuatro tipos básicos de curvas que sirven para ilustrar la mencionada disincronía del crecimiento y desarrollo (Figura 10.A.1.)

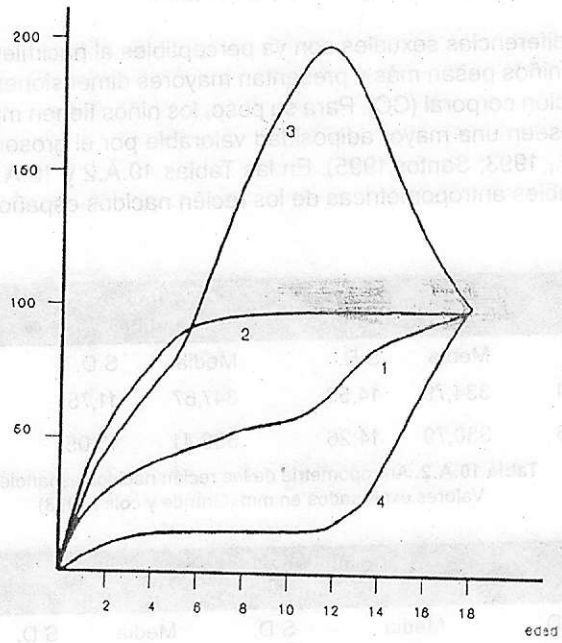


Figura 10.A.1. Curvas que ilustran el modelo de crecimiento de los principales sistemas

El **tipo general,** que adopta una forma sigmoidea, se caracteriza por un periodo de aumento rápido en el primer año, seguido de un intervalo de incremento lento y regular al que sucede otro de máxima velocidad que refleja el "estirón" puberal. Este tipo de crecimiento es el que sigue el organismo en su totalidad y que se manifiesta en la estatura. Individualmente sigue este modelo el esqueleto, la musculatura, los órganos respiratorios y los digestivos.

El **tipo neural** es el propio del cerebro y estructuras anexas. En él, la curva ilustra un crecimiento muy rápido durante los primeros cinco años, de modo que a los seis años se ha alcanzado prácticamente el 90% del tamaño del adulto. Esta pauta la presentan además la médula espinal, el aparato óptico, las distintas porciones del aparato auditivo y la cabeza, excluida la región facial.

El **tipo linfoide**, circunscrito al desarrollo del sistema linfático, muestra un crecimiento muy rápido que alcanza su máximo entre los 11 y 12 años. Con posterioridad, el volumen de los tejidos implicados disminuye hasta reducirse a la mitad al llegar a la edad adulta.

El **tipo genital**, sigue un modelo opuesto al neural y es el característico de los órganos reproductores. Aunque su crecimiento es muy lento durante la primera década de la vida, alcanzando a los 10 años tan sólo el 10% del volumen adulto, experimenta una brusca aceleración al llegar a la pubertad. De este modo, entre los 10 y los 20 años, los ovarios, testículos, epidídimo, útero, trompas, próstata y vesículas seminales, completan el 90% de su tamaño definitivo.

Tanner (1975) añadió otro quinto tipo de curva que corresponde al desarrollo del tejido adiposo y que se identifica por un crecimiento muy rápido en los primeros 9 meses de vida. Con posterioridad, se advierte una disminución seguida por un nuevo aumento a partir de los 5 o 6 años y hasta la pubertad. A partir de entonces el dimorfismo sexual es muy llamativo, llegando a disminuir ligeramente en los varones y aumentando de forma notable en las mujeres hasta llegar a la edad adulta.

El periodo prenatal comprende en promedio, alrededor de 40 semanas, pero a pesar de su brevedad, tiene una gran importancia y trascendencia sobre el crecimiento y desarrollo futuro del individuo. Dada la brevedad y los objetivos de la presente obra, los cambios morfofisiológicos acontecidos en esta fase serán motivo de atención en un próximo manual.

10.A.4. Primeras fases del crecimiento postnatal

Cabe añadir que las diferencias sexuales son ya perceptibles al nacimiento, no sólo en los que se refiere al tamaño total, los niños pesan más y presentan mayores dimensiones longitudinales y perímetros, sino a la propia composición corporal (CC). Para su peso, los niños tienen mas contenido proteico que las niñas, mientras estas poseen una mayor adiposidad valorable por el grosor de los pliegues grasos subcutáneos (Grande y cols., 1993; Santos,1995). En las Tablas 10.A.2 y 10.A.3 se exponen los promedios para las principales variables antropométricas de los recién nacidos españoles.

	Talla		Talla sentado		Perímetro cefálico		Diámetro biparietal	
	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
Niños	499,49	18,61	334,79	14,53	347,67	11,75	97,74	4,15
Niñas	491,02	17,26	330,79	14,26	338,41	13,05	91,37	3,84

Tabla 10.A.2. Antropometría de los recién nacidos españoles.
Valores expresados en mm (Grande y cols., 1993)

	Peso		Perímetro abdominal		Pliegue tricipital		Pliegue subescapular	
	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
Niños	289,30	440,74	289,72	19,33	4,88	1,06	4,39	1,10
Niñas	3167,53	409,39	315,21	15,73	5,00	1,19	4,73	1,16

Tabla 10.A.3. Antropometría de los recién nacidos españoles.
Valores expresados en mm (Grande y cols., 1993)

Después de nacer se inicia, a partir de la 40 semana, la etapa postnatal, durante la cual el ritmo de desarrollo no es constante, de modo que la infancia, adolescencia y juventud se distinguen precisamente por sus propias pautas en la rapidez y modalidad de desarrollo. La primera infancia, que como se ha señalado, comprende los dos primeros años de vida extrauterina es un periodo en el que se crece a gran velocidad. Para tener una idea basta señalar que la longitud del recién nacido es, en promedio, de 50 cm para las niñas y de 51 cm en los varones, mientras que al final del primer año alcanza los 75 y 77 cm respectivamente. Durante el segundo año, la estatura aumenta más lentamente, aunque el ritmo se sitúa aun entre los 0,5 y 1 cm mensual. La ganancia de peso es igualmente notable, pues cuadruplica su valor a los 24 meses (Santos, 1995; Prado y cols., 1996).

Por otra parte, la velocidad con que se incrementa la talla total es notablemente mayor que la talla sentado, lo que responde al más rápido crecimiento de las piernas. Este cambio en las proporciones se refleja también en las dimensiones de tipo transversal: el diámetro biacromial crece a más velocidad que el bicrestal, modificándose la relación entre la anchura de hombros y cadera. Especial atención merece el aumento del perímetro cefálico como consecuencia del acelerado desarrollo que, a estas edades, experimenta el cerebro y el sistema nervioso en su conjunto. Las modificaciones en la CC son también acusadas: mientras el agua disminuye progresivamente, la concentración de proteínas aumenta y el esqueleto comienza a calcificarse a partir del quinto mes, de forma que al final del primer año ya son visibles por radiografía tres puntos de osificación en el carpo: epífisis distal del radio, hueso grande y hueso ganchoso (Hernández, 1977). Otro fenómeno relativo a la maduración cuya importancia debe resaltarse es la erupción de los dientes de leche cuya secuencia aparece en el esquema de la Figura 10.A.2.

La segunda infancia se extiende desde el tercer al sexto año y es un periodo en el que se crece de manera uniforme. La estatura se incrementa entre 6 y 8 cm de media anual y la ganancia ponderal es de aproximadamente dos kilos. La proporcionalidad corporal sigue modificándose por el mayor crecimiento relativo de las piernas en relación al tronco. El aumento longitudinal unido a la disminución el porcentaje graso, confiere a los niños y niñas de estas edades un aspecto cada vez más esbelto.

La tercera infancia comienza con una pequeña aceleración del crecimiento longitudinal conocida como *midgrowth spurt,* a la que sigue una fase en la que aumenta el peso y la talla lenta y regularmente. A pesar e ello, en esta fase, que se extiende desde los siete años hasta el comienzo de la pubertad, se advierte en ambos sexos un crecimiento algo más acelerado de las extremidades respecto al tronco, así como ciertos cambios que comienzan a resaltar el dimorfismo sexual. En los niños se verifica un mayor ensanchamiento de los hombros, mientras que en las niñas aumenta más el diámetro bicrestal. Este desarrollo pélvico femenino, que tiene lugar antes que ningún otro rasgo morfológico prepuberal, confiere a las niñas un tronco más rectangular, si se compara con el más trapezoidal de los varones. Este suceso permite, en muchos casos, distinguir bien a qué sexo pertenece un sujeto de 8 o 9 años colocado de espaldas.

Es también es este periodo infantil tardío cuando da comienzo la modificación de los huesos faciales y emergen la mayor parte de las piezas dentarias permanentes, cuya secuencia de aparición se indica en la Figura 10.A.2. La primera pieza en salir –entre los 6 y 7 años- es el primer molar (M1), seguida de los incisivos centrales (I1) y laterales (I2) que hacen su aparición entre los 7 y 9 años. El primer premolar (PM1) el canino (C) y el segundo premolar (PM2), por este orden, hacen erupción antes de los 12 años. El segundo molar (M2) brota más tarde, entre los 12 y 14 años, y en último lugar lo hace el tercer molar (M3) cuyo periodo de erupción se extiende hasta la edad adulta. Esta secuencia de aparición descrita a grandes rasgos muestra, sin embargo, ciertas variaciones individuales y poblacionales que se enmarcan en un amplio margen de normalidad. En este sentido se han constatado distintos modelos de erupción dentaria entre sujetos de una misma población, a la vez que se han observado ciertas diferencias entre unos grupos humanos y otros (Smith y Garn, 1988; Mesa, 1988).

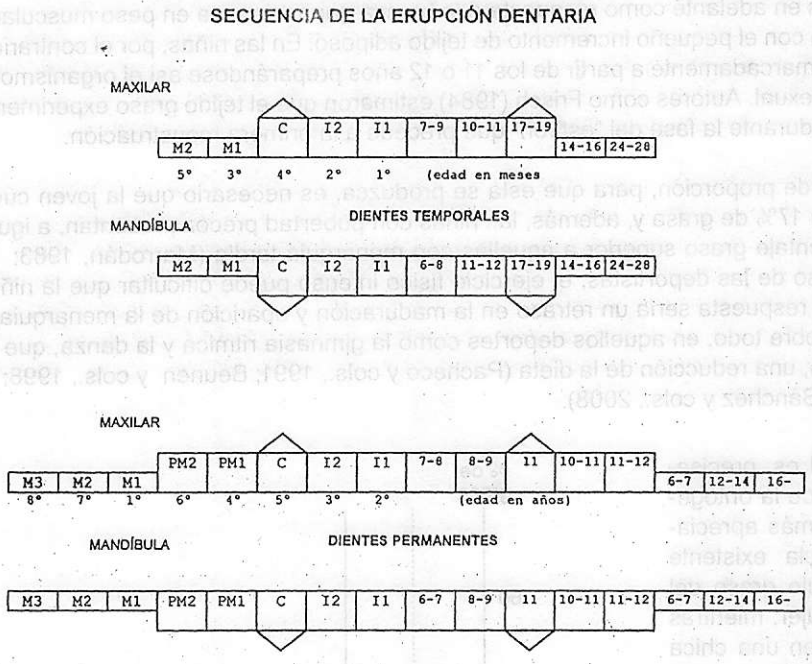


Figura 10.A.2. Secuencia de erupción de la dentición decidua y permanente

10.A.5. La etapa crítica de la pubertad

La pubertad es un periodo de cambios somatofisiológicos intensos que marcan el paso de la niñez a la juventud. El ritmo de crecimiento, que durante la segunda y tercera infancia había sido más o menos constante, sufre una aceleración importante que da lugar al denominado "estirón", que se manifiesta muy claramente en la estatura y otras dimensiones corporales. Pero al mismo tiempo que se aumenta de tamaño, la composición corporal se modifica, el sistema reproductor madura y aparecen los caracteres sexuales secundarios.

El desencadenamiento de la pubertad se relaciona directamente con la secreción hipofisaria de las gonadotropinas: la FSH (folículo estimulante) y la LH (luteinizante). Los conocimientos neuroendocrinológicos actuales indican que durante el brote puberal se detecta un incremento en la producción nocturna de ambas hormonas, cuyos niveles máximos en sangre se detectan a intervalos de dos horas, mientras que pasada la pubertad se advierte un solo pulso de gran amplitud que se prolonga durante 24 horas (Argente, 2000).

Las gonadotropinas estimulan la maduración del óvulo y del espermatozoide y provocan además la producción de hormonas sexuales; por su parte, otra secreción hipofisaria, la hormona adrenocorticotrófica, hace que aumente la síntesis de andrógenos como la androstendiona y la hidroepiandrosterona en las glándulas suprarenales de ambos sexos. Dichos andrógenos, junto a la testosterona de mayor poder virilizante que se forma en el testículo, favorecen el anabolismo y las proteínas, lo que se traduce en un aumento de la masa muscular, mucho más importante en los varones. Los estrógenos, a su vez, tienen una marcada influencia sobre el desarrollo del tejido adiposo subcutáneo, al que nos referiremos más adelante. Por su parte, la GH (hormona del crecimiento) cuyos niveles también se incrementan de forma notable en la pubertad, es responsable del desarrollo y maduración del sistema esquelético, tanto en lo que respecta a la aceleración del crecimiento lineal, como al cierre epifisario por osificación del cartílago (Ramos Rodríguez, 1986; Martha y cols., 1992).

Como resultado de la interacción de todos estos procesos el somatotipo sufre una importante remodelación y cambia la composición corporal. El proceso de paulatina deshidratación que comienza tras el nacimiento y que permanece más o menos estabilizado durante la primera y segunda infancia, se acelera en la pubertad, continuando de forma progresiva y especialmente marcada en el sexo femenino. Por otro lado, el porcentaje de grasa en los varones como puede apreciarse en la Figura 10.A.3, disminuye desde los 12 o 13 años en adelante como respuesta a la brusca ganancia neta en peso muscular y esquelético, en comparación con el pequeño incremento de tejido adiposo. En las niñas, por el contrario, el porcentaje graso aumenta marcadamente a partir de los 11 o 12 años preparándose así el organismo femenino para la maduración sexual. Autores como Frisch (1984) estimaron que el tejido graso experimenta un aumento entre 5 y 11 kg durante la fase del "estirón" que precede a la primera menstruación.

En términos de proporción, para que esta se produzca, es necesario que la joven cuente aproximadamente con un 17% de grasa y, además, las niñas con pubertad precoz presentan, a igual edad cronológica, un porcentaje graso superior a aquellas con menarquia tardía (Marrodán, 1983; Benso y cols., 1986). En el caso de las deportistas, el ejercicio físico intenso puede dificultar que la niña alcance este valor crítico y la respuesta sería un retraso en la maduración y aparición de la menarquia, situación que se produciría, sobre todo, en aquellos deportes como la gimnasia rítmica y la danza, que requieren bajo peso y, para ello, una reducción de la dieta (Pacheco y cols., 1991; Beunen y cols., 1998; Prado y cols., 2003; Vázquez Sánchez y cols., 2008).

La pubertad es, precisamente, la fase de la ontogenia en que es más apreciable la diferencia existente entre el acúmulo graso del hombre y la mujer: mientras a los 17 años en una chica normal un 25% de su peso total puede ser imputado al componente adiposo, en un chico de su misma edad tan sólo el 15 % correspondería a masa grasa, como se ha observado en diferentes estudios poblacionales (González-Montero y Marrodán, 2003).

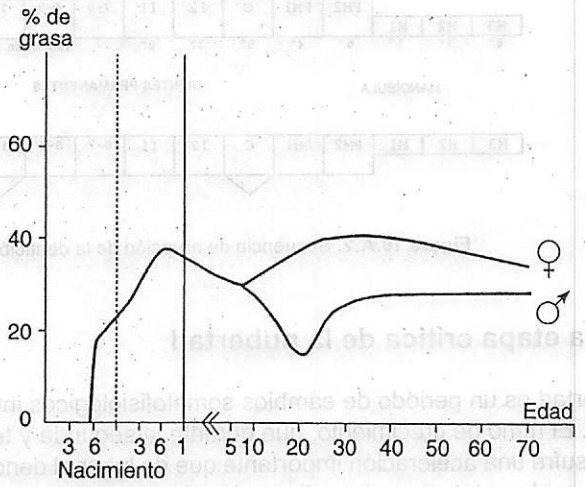


Figura 10.A.3. Evolución ontogénica del porcentaje de grasa corporal

Es muy probable que los factores hereditarios tengan un importante papel en la determinación de la actividad hipofisaria, que a su vez depende del hipotálamo y que va a poner en marcha la crisis puberal. Pero sin duda, otras estructuras extrahipotalámicas, así como las condiciones emocionales y mesambientales, en particular la nutrición y el estado de salud, pueden ejercer su papel adelantando o retrasando el despegue de la pubertad (Prado y cols., 2002; Fernández del Olmo y cols., 2005; Prado y cols., 2008).

Además del rápido crecimiento y remodelación corporal que son propios de la adolescencia, tienen lugar en esta etapa, una serie de transformaciones somáticas que evidencian la progresiva maduración sexual. Los rasgos morfológicos indicativos son, en los varones el vello púbico, axilar y facial, el desarrollo de los genitales, el cambio de la voz y la primera eyaculación; en las mujeres, el vello en pubis y axilas, el desarrollo mamario y la primera menstruación o menarquia. En la Figura 10.A.4. se ha esquematizado el orden en que se van sucediendo tales acontecimientos que, como se puede apreciar, se verifican en un amplio margen cronológico, dentro de la variabilidad normal. Comprobamos, de igual forma, cómo en las niñas, la manifestación de los denominados caracteres sexuales secundarios es aproximadamente dos años más precoz que en los varones.

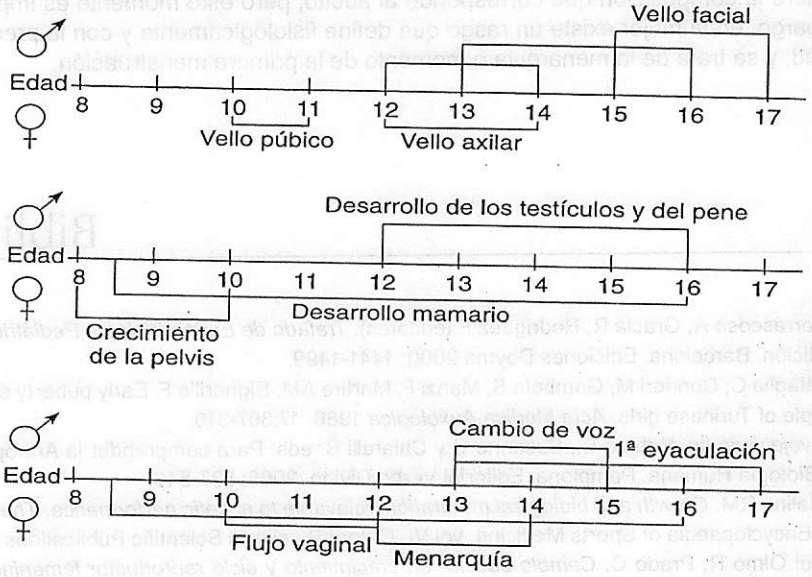


Figura 10.A.4. Secuencia de aparición de los caracteres sexuales secundarios

Basándose particularmente en el aspecto externo de los genitales, la cantidad y distribución del vello púbico y el desarrollo mamario, Tanner (1975) definió una serie de estadios de maduración en intervalo de 1 (prepuberal incipiente) a 5 (adulto), para cuya asignación numérica exacta puede recurrirse a una escala fotoscópica, reportada actualmente por Prado (2005). En las niñas, uno de los primeros signos puberales es el crecimiento de las mamas, en lo que se conoce como estadio de botón, que corresponde al grado 2 en la clasificación del citado autor, y que se reconoce porque la mama presenta un discreto saliente, el pezón tiende a levantarse y aumenta el tamaño y pigmentación de la areola. Esta fase, en las maduradoras precoces, se puede constatar ya a la edad de 8 o 9 años mientras que, cuando la niña madura tardíamente, esta misma situación puede observarse pasados los 13 años.

Los sucesivos grados de desarrollo mamario se caracterizan por un aumento de tamaño, pero mientras que en el estadio 3 no existe una separación definitiva entre mama y areola, en el 4 areola y pezón forman una elevación secundaria por encima de la glándula mamaria. El número 5 en la escala corresponde al desarrollo típico de la madurez, en el que se aprecia una única proyección del pezón dado que la areola se mantiene en el mismo nivel y la mama adquiere forma hemisférica.

Otro rasgo sexual secundario de importancia es la pilosidad púbica y axilar. Esta vellosidad aparece primero en el pubis, y suele suceder hacia los 10 años en el sexo femenino y sobre los 12 años en los va-

rones. Los primeros pelillos surgen en las niñas a lo largo del borde de los labios mayores, mientras que en los niños se inician en la base del pene. Sucesivamente, en ambos sexos, el vello se oscurece y encrespa avanzando hacia el pubis y cubriendo un área cada vez mayor. El estadio 4 correspondería a una distribución pilosa semejante al adulto aunque no se llega a cubrir aún la cara interna de los muslos. Cuando el desarrollo de la pilosidad se ha completado, es perceptible la diferente disposición que adopta en uno y otro sexo: en la mujer el borde superior es horizontal, mientras que en el varón se distribuye en forma de triángulo con base inferior y vértice en el ombligo. Tanto en las mujeres como en los varones, la aparición del vello en las axilas se retrasa unos dos años respecto a la púbica y, paralelamente, se desarrollan abundantes glándulas sudoríparas en la zona. En los chicos, sobre los 14 o 15 años comienza el desarrollo de la pilosidad facial y se advierten los primeros cambios de la voz, que tiende a volverse más grave a consecuencia del fuerte desarrollo de los huesos de la laringe y del alargamiento de las cuerdas vocales.

Junto a los rasgos de carácter secundario, los propios órganos sexuales experimentan durante la pubertad importantes cambios. En los varones, los testículos, el pene y el escroto aumentan progresivamente su volumen, a la vez que el último adquiere una pigmentación más oscura. Las primeras eyaculaciones contienen una secreción seminal con escasa o nula cantidad de espermatozoides y sólo gradualmente el esperma adquiere la composición que corresponde al adulto, pero este momento es impreciso de determinar. Sin embargo, en la mujer existe un rasgo que define fisiológicamente y con la precisión de ningún otro, la pubertad, y se trata de la menarquia o momento de la primera menstruación.

Bibliografía

- Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Rodríguez F (editores). *Tratado de Endocrinología Pediátrica y de la Adolescencia,* 2ª edición. Barcelona: Ediciones Doyma 2000; 1441-1499.
- Benso L, Battaglia C, Conrieri M, Gambota S, Manzi P, Martire AM, Signorille F. Early puberty stages and menarche in a sample of Turinese girls. *Acta Medica Auxologica* 1986; 17:307-310.
- Bernis C. *Envejecimiento.* Rebato E., Susanne C y Chiarelli B. eds. Para comprender la Antropología Biológica. Evolución y Biología Humana. Pamplona. Editorial Verbo Divino. 2005; 537-546.
- Beunen G, Malina RM. *Growth and biological maturation: relevante to athletic performance. The child and adolescent athlete.* Encyclopaedia of Sports Medicine, vol VI. Oxford Blackwell Scientific Publications. Oxford .1998.
- Fernández del Olmo R, Prado C. *Cambio secular en crecimiento y ciclo reproductor femenino en la población madrileña en las últimas seis décadas.* 2005; Antropo, 9: (77-88). http://www.didac.ehu.es/antropo
- Frisch RE. Body fat puberty and fertility. Biological Review 1984; 59:162-188.
- González-Montero M, Marrodán MD. *Crecimiento y Dieta. Hábitos de los jóvenes españoles.* Ed. Fundación Santamaría. Madrid. 2003.
- Grande RM, Gutiérrez E, Arguelles F. *Técnicas antropométricas en el recién nacido.* Ed. Ergón. Madrid. 1993.
- Hernández M. *Fisiología del crecimiento y desarrollo somático. Medicine.* Tratado de Medicina Práctica. Nº 30 Ed. IDEPS 1977; 2676-2693.
- Herrera HA. *Evaluación del estado nutricional en un colectivo de ancianos venezolanos institucionalizados.* Tesis Doctoral Universidad del País Vasco. 2003.
- Martha PM, Blizzard RM, Mogol AD. *Physiological changes in growth hormone secretion during puberty.* Falkner F, Tanner JM (eds). Human Growth, vol 2, 2ª ed. Plenum Press. New York. 1992; 171-209.
- Marrodán MD. *Estudio de la distribución de la grasa subcutánea en una población rural.* Actas III Congreso Español de Antropología Biológica. Universidad de Santiago de Compostela. 1983; 601-615.
- Mesa MS. Permanent tooth erupction of Spanish children. *Collegium Anthropologicum* 1988; 1: 145-146.
- Pacheco JL, Robles A, Rebato E. *La edad de menarquia y su relación con la actividad deportiva.* Rebato E, Calderón (eds) Actas VI Congreso Español de Antropología Biológica. Servicio de Publicaciones de la Universidad del País Vasco. 1991; 511-518.
- Pérez B, Prado C, Aréchiga J, Arroyo E. Distribución de la adiposidad en nadadores según categorías de pubertad. *Anales Venezolanos de Nutrición* (2007). V 20(2):76-83.
- Prado C, Santos I, Gómez-Lobo P. *Growth curves and body composition of spanish children aged 0 to 3 years.* Bodzar E, Sussanne C. Eds. Studies in Human Biology. Eotvos Press. Budapest 1996; 177-183.

- Prado C, Jiménez JM, Rubén M. La edad de menarquia y aparición de caracteres sexuales secundarios: cambio secular en población cubana (1972-2000). *Revista Española de Antropología Biológica*, 2002; 23:57-64.
- Prado C. *La pubertad: un periodo de crisis*. Rebato E., Susanne C. y Chiarelli B. (eds). Para comprender la Antropología Biológica. Evolución y Biología Humana Pamplona. Editorial Verbo Divino. 2005; 513-523.
- Prado C, Fernández R, Varela I, Fragoso I, Cameron N. The Iberian Growth Study: Prevalence of Overweight and Obesity in Portuguese and Spanish children. *Nutr Clin Diet Hosp.* V 28 (S): 28.29 (2008).
- Ramos Rodríguez R. *Crecimiento y proporcionalidad corporal en adolescentes mexicanas*. Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Antropologica, 49. 1986.
- Santos I. *Influencia biológica y ambiental en el proceso de crecimiento del niño de 0 a 3 años*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 1995.
- Scamon RE. *The measurement of the body in chilhood. The measurement of man*. University of Minesota Press. Minesota. 1930.
- Smith BH, Garn M. Polymorphism in erupcion sequence of permanent teeth in American children. *American Journal of Physical Anthropology* 1988; 74: 289-303.
- Tanner JM. Growing up. Biological Anthropology. *Readings from Scientific American*, 1975; 494: 278-283.
- Valle Ramiro A, Prado Martínez C, Carmenate Moreno M. Etude longitudinale de la relation entre la variation des traits physiologiques et la mortalite. *Biometrie Humaine et Anthropologie* 2004; 73-79.
- Vázquez Sánchez V, Martínez Fuentes AJ, Carrillo Estrada U, Santos Beneit G, Mesa Santurino MS y Marrodán Serrano MD. Composición corporal y condición nutricional en estudiantes de ballet cubanos. *Nutr Clin Diet Hosp* 2008; 28 (3):3-8.

10.B. Valoración del crecimiento y del estado nutricional

M. Dolores Marrodán Serrano
Consuelo Prado Martínez
Antonio del Valle Ramiro

10.B.1. Introducción y conceptos fundamentales

Durante el crecimiento se produce un claro aumento de tamaño que se acompaña de cambios, quizá no tan evidentes, de las proporciones y la composición corporal. La antropometría permite cuantificar con precisión este proceso y ubicar a un sujeto o grupo respecto a la variabilidad normal, que corresponde a la población. En este sentido, los denominados estándares de crecimiento constituyen una referencia para el contraste y posterior diagnosis del estado o nivel de crecimiento del individuo o colectivo que se pretende evaluar. Estos estándares definen la variabilidad normal de las variables cuantitativas mediante su distribución percentilar, que habitualmente se expresa en forma de gráficas y tablas. Se elaboran a partir de estudios de crecimiento de tipo semi o longitudinal y efectivos muestrales numerosos que sean representativos de la estructura y composición de la población general.

Una forma de clasificar antropométricamente a un sujeto es definir su posición, respecto al estándar elegido, tomando los percentiles de este como puntos de corte para establecer las categorías. En términos generales es un buen método, aunque presupone que la distribución de las variables es estadísticamente normal, aspecto que no siempre se verifica. Además, puede ocurrir que el significado clínico de la ubicación percentilar varíe discretamente según la edad del sujeto o la medida de que se trate. Para minimizar tales barreras y hacer aún más efectivo el diagnóstico, se aplica un procedimiento basado en las denominadas "puntuaciones Z" que se calculan mediante la fórmula:

$$\text{Puntuación } Z = \frac{\text{(valor del sujeto - media del estándar)}}{\text{desviación estándar del estándar}}$$

La relación estadística entre los rangos percentilares y las desviaciones estándar permite establecer una equivalencia entre ambos y crear cinco categorías antropométricas, a partir de las puntuaciones Z, cuyos límites inferior y superior de normalidad son el percentil 5 y 95 respectivamente (Tablas 10.B.1 y 10.B.2). Así para la estatura, que refleja el crecimiento longitudinal, un individuo puede definirse como bajo, por debajo de la media, en la media para su edad, por encima de la media o alto. Para el peso, puede clasificarse desde bajo peso hasta peso elevado, pasando por peso inferior al promedio, en la media o por encima de esta. Con estas dos variables tenemos conocimiento del tamaño corporal, siendo necesaria la información de ambas para comprender su significado nutricional. Es obvio que un niño que se encuentre en la categoría II, tanto para la talla como para el peso, puede ser pequeño para su edad sin padecer ningún grado de desnutrición, mientras que el caso sería muy distinto si, por ejemplo, se localizara en la categoría IV respecto a la estatura y en la I para el peso, lo que reflejaría una insuficiencia ponderal evidente. Por otra parte, tanto el perímetro del brazo como los pliegues adiposos proporcionan información fundamental acerca de los componentes del peso, indicando la contribución relativa del tejido muscular y adiposo.

	Percentil	Puntuación Z	Estatura	Peso
Categoría I	0,0 - 5,0	Z < -1,650	Bajo	Bajo
Categoría II	5,1 - 15,0	-1,650 < Z < -1,040	Inferior a la media	Inferior a la media
Categoría III	15,1 - 85,0	-1,036 < Z < 1,030	Media	Medio
Categoría IV	85,0 - 95,0	1,036 < Z < 1,640	Superior a la media	Superior a la media
Categoría V	95,1 - 100,0	Z > 1,645	Alto	Alto

Tabla 10.B.1. Clasificación antropométrica del tamaño corporal

	Percentil	Puntuación Z	Perímetro braquial	Pliegues
Categoría I	0,0 - 5,0	Z < -1,650	Muscularidad baja	Adiposidad baja
Categoría II	5,1 - 15,0	-1,650 < Z < -1,040	Inferior a la media	Inferior a la media
Categoría III	15,1 - 85,0	-1,036 < Z < 1,030	Media	Media
Categoría IV	85,0 - 95,0	1,036 < Z < 1,640	Superior a la media	Superior a la media
Categoría V	95,1 - 100,0	Z > 1,645	Muscularidad elevada	Adiposidad elevada

Tabla 10.B. 2. Clasificación antropométrica para el componente músculo-adiposo

10.B.2. Clasificación nutricional mediante el índice de masa corporal (IMC)

A partir de las medidas antropométricas directas, pueden obtenerse variables derivadas e índices que resultan muy apropiados para valorar la condición nutricional. El análisis de la robusticidad y la relación entre los componentes magro y graso del organismo permiten diagnosticar, con mayor precisión, tanto las alteraciones de malnutrición asociadas al déficit ponderal como el sobrepeso y la obesidad, cuya incidencia es cada vez más importante en nuestro medio.

El IMC que, como ya se indica en otro apartado de esta obra, corresponde a una expresión del peso referido a la estatura, es quizá el parámetro más generalizado en los estudios epidemiológicos de carácter nutricional y, en particular, cuando se trata de diagnosticar el sobrepeso y la obesidad. Este índice tiene dos ventajas: la primera consiste en que su empleo es económico y fácil de calcular pues únicamente se necesita tallímetro y balanza y, la segunda es que se disponen de referencias publicadas por distintos organismos y comités de expertos que permiten clasificar el estado nutritivo estaturo-ponderal.

Por lo que respecta a la población adulta, la OMS (1998) establece las categorías que figuran en la Tabla 10.B.3 sin distinción de sexo. Sin embargo, las encuestas nacionales de salud y nutrición norteamericanas (NHANES) consideran que existe obesidad si el IMC es superior a 27,3 kg/m^2 en mujeres y 27,8 kg/m^2 en varones. La Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) estableció en el año 2000 un mayor número de categorías, con el objetivo de añadir precisión al diagnóstico con la finalidad de una posible intervención terapéutica (Tabla 10.B.4).

IMC(kg/m^2)	Categoría
< 18,5	Insuficiencia ponderal
18,5 - 24,9	Normopeso
25,0 - 29,9	Sobrepeso
30 - 34,9	Obesidad (grado I)
35,0 - 39,9	Obesidad (grado II)
> 40	Obesidad mórbida (grado III)

Tabla 10.B.3. Clasificación propuesta por la OMS

IMC(kg/m^2)	Categoría
< 18,5	Peso insuficiente
18,5 - 24,9	Normopeso
25,0 - 26,9	Sobrepeso grado I
27,0 - 29,9	Sobrepeso grado II (pre-obesidad)
30,0 - 34,9	Obesidad tipo I
35,0 - 39,9	Obesidad tipo II
40,0 - 49,9	Obesidad tipo III (mórbida)
> 50	Obesidad tipo IV (extrema)

Tabla 10.B.4. Clasificación propuesta por la SEEDO

Cuando se trata de población infantil y adolescente, hoy por hoy no existe consenso a la hora de establecer qué referencias y puntos de corte de IMC son los idóneos para establecer las distintas categorías de insuficiencia ponderal, sobrepeso u obesidad. Existen diversos estándares, elaborados tanto a partir de series nacionales como internacionales, que se utilizan con este propósito, como los publicados por Must y cols., en 1991, que fueron recomendados en su momento por la OMS. Más recientes son los elaborados por Cole y cols. en el año 2000, cuyo empleo proponen comités de expertos como el *International Obesity Task Force* (IOTF). Estos últimos proveen tablas basadas en datos recabados internacionalmente con la participación de seis países y una muestra de más de 180.000 varones y mujeres entre 2 y 25 años. Las cifras que aportan sirven para clasificar el sobrepeso y la obesidad a partir de valores de IMC equiparables a las cifras diagnósticas de 25 kg/m^2 y 30 kg/m^2 para adultos (Tabla 10.B.5). En 2007 el mismo equipo publica las referencias para la clasificación de la malnutrición por defecto (Cole y cols., 2007).

Edad (Años)	Sobrepeso		Obesidad	
	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres
2	18,41	18,02	20,09	19,81
3	17,89	17,56	19,59	19,36
4	17,55	17,28	19,29	19,15
5	17,42	17,15	19,30	19,17
6	17,34	17,34	19,78	19,65
7	17,92	17,75	20,63	20,51
8	18,44	18,35	21,60	21,57
9	19,10	19,07	22,77	22,81
10	19,84	19,86	24,00	24,11
11	20,55	20,74	25,10	25,42
12	21,22	21,68	26,02	26,67
13	21,91	22,58	26,84	27,76
14	22,62	23,34	27,63	28,57
15	23,29	23,94	28,30	29,11
16	23,90	24,37	28,88	29,43
17	24,46	24,70	29,41	29,69
18	25	25	30	30

Tabla 10.B.5. Puntos de corte del IMC para definir sobrepeso y obesidad

Las referencias mencionadas son claramente útiles cuando se trata de llevar a cabo estudios comparativos sobre la prevalencia del sobrepeso o la obesidad, o insuficiencia estaturo-ponderal entre diversas poblaciones. También es posible recurrir al empleo de patrones que muestren la variabilidad normal y distribución percentilar del IMC con la edad. Como referencia nacional se han venido utilizando los elaborados por Hernández y su equipo (Hernández y cols., 1988) a partir de una muestra de la provincia de Bilbao. Estos patrones, elaborados a partir de un estudio de tipo semilongitudinal, han sido actualizados y reeditados bajo el mismo patrocinio de la Fundación Orbegozo (Sobradillo y cols., 2004). Disponen, como en la edición anterior, de información relativa a talla, peso, IMC y pliegues grasos tricipital y subescapular para niños y niñas, desde el nacimiento hasta los 18 años. Más recientemente se han publicado cifras de referencia a partir de un estudio transversal en población española procedente de Andalucía, Barcelona, Bilbao y Zaragoza y que refleja la variación normal de la talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la fase adulta (Carrascosa y cols., 2008). Como normas internacionales han sido muy utilizados los correspondientes a población norteamericana (Frisancho, 1990). Desde 2004 se cuenta con nuevos estándares de la OMS para niños y niñas menores de cinco años (Onís y cols., 2004) y desde el 2007 para escolares y adolescentes hasta los 19 años (Onís y cols., 2007).

Al margen del estándar elegido, otro aspecto a considerar son los puntos que pueden definir mejor los diferentes estadios de insuficiencia o exceso ponderal durante el crecimiento y desarrollo. Frente a los mismos patrones de población española, por ejemplo, en diversos estudios se ha utilizado el percentil 85 como límite de sobrepeso y el percentil 95 como punto de corte para definir la obesidad, tal y como recomienda el Grupo Europeo de Obesidad Infantil (ECOG) (Moreno y cols., 1995). Sin embargo, otros autores han preferido utilizar el percentil 90 y el percentil 97 respectivamente (Failde-Martínez y cols., 1998; Serra Majem y cols., 2001). La falta de consenso a la hora de elegir los estándares y/o puntos de corte dentro de un mismo patrón para definir el sobrepeso y la obesidad, impiden comparar adecuadamente la prevalencia entre regiones o países. Como puede observarse en las Tablas 10.B.6 y 10.B.7, los porcentajes de malnutrición por exceso muestran importantes variaciones en función del criterio elegido por cada grupo de trabajo.

Edad	N	Criterio	Prevalencia (%)	Provincia	Autor y año
12-14	106.284	IMC>P85 IMC>P95 RN	SB:16,7(v) - 2,0 (m) OB:2,1(v) - 3,3 (m)	Zaragoza	Moreno y cols., (2000) Datos para 1995
4-24	3889	IMC relativo	OB:10,17(v)-9,40(m)	Bilbao	Rosique y cols., (1998)
10-17	484	IMC>P90 RN	SB:12,9(v)-10,2(m)	Navarra	Repáraz y cols., (1993)
14-15	278	IMC>27	SB:8,6 (a.s)	La Coruña	Vidal-Rios y cols., (1999)
6-11	266	IMC>2DS RN	OB:18,2 (v)- 7,8 (m)	Alicante	Ruiz y cols., (2003)
7-14	499	Cole y cols., (2000)	SB:6,03 (a.s) OB:10,22 (a.s.)	Almería	López-Ruzafa y cols., (2004
4-12	487	IMC>P85 RN IMC >P97	SB:8,4 (v) - 9,8 (m) OB:15,3 (v) -16,9 (m)	Granada	Meléndez (2002)
4-14	493	IMC>P97 RN	OB:9,52 (v) - 7,05 (m)	Cádiz	Failde-Martínez y cols., (1998)
2-24	3543	IMC>P85 IMC>P97 RN	SB: 12,4 (a.s.) OB: 13,90 (a.s.) OB: 15,6 (v)-12,0(m)	España (nacional)	Serra Majém y cols., (2001)
6-12	1656	a) IMC>P90 IMC>P97 RN b) Cole y cols., (2000)	SB:12,50(v) - 9,6(m) OB:14,90(v) - 11,90(m) SB:21,60(v) - 25,90(m) OB:6,00 (v) - 5,90(m)	Madrid	Marrodán y cols., (2006)
13-20	5572	a) IMC>P90 IMC>P97 RN b) Cole y cols. (2000)	SB:10,60(v) - 9,5 (m) OB:10,34(v) -12,22 (m) SB:18,83(v) - 4,55 (m) OB: 4,68(v) - 2,81 (m)	Madrid	Marrodán y cols., (2006)

Tabla 10.B.6. Obesidad y sobrepeso en diversas regiones españolas
(RN: referencias nacionales; v: varones; m: mujeres; a.s: ambos sexos). Tomado de Marrodan y cols. (2006)

10.B.3. Diagnóstico nutricional a partir del porcentaje de grasa

Cabe señalar que el análisis de la condición morfofisiológica nutricional en el niño y el adolescente es siempre más difícil que en el adulto, debido a los importantes cambios en el acúmulo graso, el desarrollo muscular y el grado de hidratación que se producen durante el crecimiento. Por otra parte, se debe tener presente que la obesidad en concreto, se vincula no tanto a un aumento ponderal como a un exceso de tejido adiposo. En este sentido y sin menospreciar la utilidad del IMC para los estudios epidemiológicos o poblacionales, para el diagnóstico clínico en la edad pediátrica, resulta más eficaz el análisis de las variables que directamente nos informan de la composición corporal. Los estándares elaborados por nuestro equipo (Marrodán y cols., 2006) están confeccionados a partir de una amplísima muestra (N=7228) representativa de la población general española y ofrecen normas de distribución percentilar para el porcentaje de grasa. (Tablas 10.B.8 y 10.B.9) obtenido por antropometría.

En cualquier caso, la importancia y evolución de la obesidad infantil van a depender no solo de la cantidad de grasa acumulada, sino de la forma en que esta se reparte y, como han demostrado ciertos estudios sobre semejanza familiar (Rebato y cols., 2000), la heredabilidad juega un papel no desdeñable en la distribución de la masa grasa corpórea. A pesar de ello, la influencia de factores ambientales, entre los que se cuentan el nivel socioeconómico, la dieta y el ejercicio, influyen de forma aún más importante (Marrodán, 1983; Rebato y cols., 1998; Gutin y cols., 1999; Prado C y cols., 2003; Marrodán y cols., 2007).

Edad	N	Criterio	Prevalencia %	País	Autor y año
6 y 15	2630	IMC>P95 IMC>P85 RN	SB: 22 (6); (15) OB: 10 (6); 17(15)	Gran Bretaña	Reilly y cols., (2000)
6-12	595	Diversos	SB:21,7 a 34,2 (a.s) OB: 9,7 a 16,11(a.s.)	Suiza	Zimmermann y cols., (2000)
3-17	40068	IMC>P90 a)Tanner-Whitehouse b)RN	a)OB: 12 (a.s.) b) OB: 8 (a.s)	Italia	Luciano y cols., (2001)
7-9	-	Diversos	SB: 16,3 a 23,9 (a.s.) OB: 3,81 a 9,31(a.s.)	Francia	Rolland-Cachera y cols., (2002)
12-18	64147	IMC>P85 IMC>P95 RN	SB: 7,2 a 16,7(v) SB: 4,0 a 9,8 (m) OB: 1,1 a 2,7(v) OB: 0,4 a 1,4 (m)	Finlandia	Kartaireny cols., (2002)
5-7	1643	a) IMC >P90 RN b) Cole y cols., (2000)	a)OB: 21 (a.s.) b)OB: 9 (a.s.)	Alemania	Daniclzik y cols., (2002)
7-10	3362	IMC >P97 RN	OB: 5,6 (m) OB: 6,0 (v)	República Checa	Kovárová y cols., (2002)
6-17	2467	a)IMC >P85 IMC >P95 NHANES I b) Cole y cols., (2000)	a) OB: 9,1 (m) OB: 10,3 (v) b) OB: 6,9 (v) OB: 5,7 (m)	Chipre	Savva y cols., (2002)
6-18	6883	IMC>P85 IMC>P95 NHANES III	SB:10,0 (a.s.) OB: 6,0 (a.s.)	Rusia	Wang (2001)

Tabla 10.B.7. Obesidad y sobrepeso en diversas poblaciones europeas. (R.N.: referencias nacionales; v: varones; m: mujeres; a.s.: ambos sexos). Tomado de Marrodán y cols., 2006

Varones Edad	P3	P10	P25	P50	P75	P90	P97	Media	D.E.
6	6,12	7,07	8,26	10,14	13,23	15,48	20,90	10,89	3,52
7	6,36	7,27	8,93	11,38	15,11	17,68	21,47	12,09	3,99
8	5,15	7,22	8,54	10,54	14,56	19,04	21,67	11,86	5,15
9	5,15	7,22	8,54	10,54	14,56	19,05	21,02	11,86	4,85
10	6,12	7,96	10,29	14,27	19,6	22,40	24,03	14,66	5,27
11	6,43	8,43	10,34	15,04	18,50	22,00	26,42	15,05	6,30
12	6,20	8,82	12,05	15,64	21,34	25,25	28,81	16,61	6,20
13	6,42	9,57	12,65	17,65	22,89	26,75	30,64	17,98	6,42
14	7,08	8,60	11,55	16,13	20,95	25,98	29,22	16,45	7,08
15	6,67	8,60	13,22	16,69	20,95	25,86	29,96	16,91	6,67
16	6,40	9,65	13,24	16,82	21,40	25,65	30,33	17,33	6,40
7	6,54	8,90	13,22	17,30	20,95	25,31	29,71	16,93	6,54
18	6,39	7,46	12,11	16,69	20,07	24,29	27,56	15,97	6,39
19-20	5,23	10,63	13,22	16,60	20,04	24,96	29,92	17,09	5,23

Tabla 10.B.8. Referencias para el porcentaje de grasa en varones de 6 a 20 años. Tomado de Marrodán y cols., 2006

Mujeres Edad	P3	P10	P25	P50	P75	P90	P97	Media	D.E
6	12,64	14,39	16,56	19,30	23,14	25,82	30,1	19,84	4,44
7	12,00	14,43	16,18	19,21	23,36	26,93	28,02	19,96	4,63
8	11,08	14,02	16,87	20,71	25,73	28,55	28,92	21,20	5,20
9	12,06	14,00	15,62	19,04	24,99	28,11	30,83	20,24	5,46
10	13,18	16,16	17,97	20,39	25,55	28,63	31,32	21,59	4,74
11	15,07	15,96	18,32	20,63	25,24	28,25	32,12	21,70	4,60
12	16,11	17,08	19,68	23,53	26,61	30,86	34,99	23,58	5,21
13	15,09	19,16	21,90	25,56	28,97	32,42	37,32	25,75	5,31
14	14,75	19,69	21,90	25,80	30,43	33,84	37,81	25,84	6,65
15	15,36	19,36	23,22	27,11	30,63	34,16	37,87	26,83	5,91
16	16,99	19,14	23,22	26,09	29,82	33,18	37,19	26,43	5,22
17	14,27	17,27	22,03	26,09	28,97	32,14	35,50	25,52	5,60
18	14,82	19,68	22,96	26,61	31,02	35,38	37,60	26,93	6,02
19-20	18,86	22,17	24,37	26,61	30,25	34,47	39,07	27,51	4,89

Tabla 10.B.9. Referencias para el porcentaje de grasa en mujeres de 6 a 20 años. Tomado de Marrodán y cols., 2006

Dado que en otros capítulos de esta obra se explica con mayor profusión este tema, únicamente mencionaremos aquí algunas investigaciones relativas al periodo de crecimiento, que pueden aportar información interesante sobre distintos estimadores antropométricos de la distribución de la adiposidad. Como es de sobra conocido, se habla de distribución androide cuando la mayor parte de la grasa se ubica en la parte superior del cuerpo y de distribución ginoide cuando se acumula en la parte inferior. También podemos distinguir el patrón central del periférico, según el exceso de grasa predomine en el tronco o en las extremidades. Ciertos trabajos (Legido y cols., 1987; Björntorp 1992; Rosique y cols., 1998; Cuestas y cols., 2007) han puesto de relieve que los comentados perfiles de distribución de adiposidad en niños y adolescentes se correlacionan con factores de riesgo en la edad adulta, sobre todo con patologías asociadas al llamado síndrome metabólico: dislipidemias, diabetes e hipertensión, principalmente. Algunos expertos (Mueller y Kaplowitz, 1994) señalaron que las circunferencias corporales eran informativas del perfil de adiposidad, aunque determinados cocientes entre perímetros, como el índice cintura/cadera y cintura/muslo, resultan más útiles. El primero de ellos refleja si el patrón tiende a ser androide o ginoide, mientras que el segundo expresa la relación entre la grasa troncal y la periférica.

El índice de conicidad, por su parte, evalúa la adiposidad abdominal y cuantifica la desviación respecto a un cilindro imaginario que se obtiene a partir del peso y la talla del individuo. Las cifras, en adultos, que limitan la normalidad son 1 y 1,73, y se consideran patológicos los valores que están fuera de este intervalo. Para dicho índice, en población española, se han publicado valores de refencia para niños entre los 4 y 12 años (Meléndez-Torres, 2002), adolescentes entre los 12 y los 18 (González-Montero de Espinosa y Marrodán, 2007) y jóvenes entre 18 y 25 años (Pacheco y cols., 2003).

Bibliografía

- Björntorp P. Abdominal Fat Distribution and Disease: An Overwiew of Epidemiological Data. *Ann Med* 1992; 24: 15-18.
- Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, Fernández A, López-Siguero JP, Sánchez E, Sobradillo B, Yeste D y Grupo Colaborador Español. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *Ann Pedatr* (*Barc*) 2008; 68 (6): 552-569.

- Cole TJ, Bellizi MC, Flegal KM. Establishing a Standard Definition for Child Overweight and Obesity Worlwide International Survey. *BMJ* 2000 ; 320: 1240-1243.
  Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson A. Body Mass index cutt offs to define thinnes in children and adolescents: international survey *et al. BMJ* 2007: 335: 194-206.
- Cuestas E, Achaval A, Garcés N, Larraya C. Circunferencia de cintura, dislipemia e hipertensión en prepúberes de ambos sexos. *An Pediatr (Barc)* 2007; 67 (1): 44-50.
- Failde-Martínez I, Zafra Mézcua J, Novalbos Ruíz JP, Costa Alonso M, Ruiz Rodríguez E. Perfil Antropométrico y prevalencia de sobrepeso de los escolares de Ubrique. Cádiz. *Rev Esp Salud Pub* 1998; 72 : 357-364.
- Frisancho AR. *Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status*. 1990. University of Michigan Press.
- González-Montero de Espinosa M y Marrodán MD. *La salud también se mide. Guía docente*. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. 2007.
- Gutin B, Owens S. Role of Exercise Intervention in Improving Body Fat Distribution and Risk Profile in Children. *Ann Hum Biol* 1999; 11: 237-247.
- Hernández M. (Dir.) *Curvas y tablas de crecimiento*. Instituto de Investigaciones sobre crecimiento y desarrollo. Fundación Orbegozo. 1988. Bilbao.
- Legido A, Sarriá A, Bueno M, Garagorri J, Fleta J, Abós D, Pérez-González J. Relationship of Body Fat Distribution to Metabolic Complications in Obese Prepubertal Girls. *Clin Ped* 1987; 26: 310-314.
- Marrodán MD. *Estudio de la distribución de la grasa subcutánea en una población rural*. Actas III Congreso de de Antropología Biológica de España. 1983: 602-615. Universidad de Santiago de Compostela.
- Marrodán MD, Mesa MS, Alba JA, Ambrosio B, Barrio P, Drak L, Gallardo M, Lermo J, Rosa J, González-Montero de Espinosa M. Diagnosis de la obesidad: actualización de criterios y su validez clínica y poblacional. *Anales de Pediatría* 2006, 65(1): 5-14. 2006.
- Marrodán MD, Moreno S, Prado C, Carmenate M, Nodarse N, Rodríguez P, Fernández R, Bejarano I, Lomaglio D, Aréchiga J. *Obesidad infantil y biodiversidad humana: el estado de la cuestion en España, México y Argentina*. Antropos 2007: La antropología ante los desafíos del siglo XXI Editorial Desclf.S.A., La Habana, Cuba. 2007: 1945-1960.
- Meléndez-Torres J. *Evaluación nutricional y composición corporal en una población infantil de la Vega de Granada*. Tesis Doctoral. 2002. Universidad de Granada.
- Moreno L, Sarriá A, Fleta J, Rodríguez G, Bueno M. Trends in body mass index and overweight among children and adolescents in the region of Aragon (Spain) from 1985 to 1995. *Int J Obes Metab Disord* 2000; 24 : 925-31.
- Mueller WH, Kaplowitz HJ. The Precision of Anthropometric Assesment of Body Fat Distribution in Children. *Ann Human Biol* 1994; 21, 3: 267-274.
- Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference Data for Obesity: 85th and 95th Percentiles of Body Mass Index (Wt/ht2) and Triceps Skinfold Thickness. *Am J Clin Nutr* 1991; 53, 4: 839-846.
- OMS. *Technical Reports Series*. 724. Geneva: World Health Organization. 1998.
- Onís M (WHO), Garza C (UNU), Victora CG (Brazil), Bhan KM (India), and Norum KR (Norway), guest editors *The WHO Multicentre Growth Reference Study (MGRS). Food and Nutrition Bulletin* 2004; 25 (supplement 1):S3-S84.
- Onís M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida CH, Siekmann J. *Development of a WHO growth refrence for school-aged children and adolescents*. Bulletin of the World Health Organization, Septiembre 2007, 85 (9).
- Pacheco JL, Callejo L, Marrodán MD, González Montero de Espinosa M, Mesa MS. Relación del índice de conicidad con otros indicadores de adiposidad y distribución de la grasa corporal en estudiantes universitarios. En: Egocheaga J. *Biología de Poblaciones Humanas: diversidad, tiempo, espacio*. 2003: 429-439. Universidad de Oviedo.
- Prado C, Nielsen AH, Martínez R, Carmenate M, Donoso C. La composition corporelle des adolescentes. La mode et quelques répercusionssions cliniques. *Bull et Mem de la Soc d'Anthrop de Paris*. 2003; 1-2: 123-130.
- Rebato E, Salces I, Rosique J, San Martín L, Vinagre A. *Parecido familiar para los indicadores de grasa*. Cuadernos de Antropología y Etnología. Zainak,. 2000; 20: 181-191.
- Rebato E, Rosique J. *Indicadores antropológicos del estado de salud y bienestar de la población urbana de Vizcaya*. Cuadernos de Antropología y Etnología. Zainak 1998; 16: 53-71.
- Rosique J, Rebato E, Salces I, San Martín L, Vinagre A. *Estudio antropológico sobre la distribución de la grasa subcutánea en niños y jóvenes obesos*. Cuadernos de Antropología y Etnología. Zainak 1998; 16: 73-82.
- Sánchez-Andrés A. Genetic and Environmental Influences on Somatotype Components Family Study in a Spanish Population. *Hum Biol* 1995; 67: 727-738.
- SEEDO. Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad *Consenso para la evaluación del sobrepeso y la obesidad* 2000.

- Serra Majem I, Ribas Barba L, Aranceta Bartrina J, Pérez Rodrigo C, Saavedra Santana P. Epidemiología de la obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del estudio Enkid (1998-2000). En: Serra Majem I, Aranceta Bartrina J. *Obesidad infantil y juvenil*. Barcelona. Ed. Masson. 2001.
- Sobradillo B. (Dir.) *Curvas y tablas de crecimiento 2ª edición*. Instituto de Investigaciones sobre crecimiento y desarrollo. Fundación Orbegozo. Bilbao. 2004.

10.C. VARIACIÓN DE COMPOSICIÓN CORPORAL EN LA MUJER

Consuelo Prado Martínez
M. Dolores Marrodán Serrano
Antonio del Valle Ramiro

10.C.1. Introducción y conceptos fundamentales

Como en el capítulo pertinente se ha hecho mención de las técnicas para la evaluación de la composición corporal (CC) no se incidirá nuevamente en los diferentes métodos para su correcta evaluación, sino que se abordará la necesidad de nuevas reflexiones a la hora de su correcta aplicación y utilización (Bouchard, 1993).

Desde los inicios de la antropometría se ha evidenciado la necesidad de determinar en la identificación de los individuos y las poblaciones aspectos relativos a la CC (Brozek y cols., 1963). Su divergencia o convergencia entre diferentes subgrupos, su modificación intraindividual a lo largo de la ontogenia humana y su peristolabilidad la hacen sujeto de atención y obligan a incluir a la CC para el correcto análisis de los diferentes campos de la Antropología Física. En concreto y, especialmente en Cineantropometría, las condiciones de la CC de los sujetos son referenciales de adecuación a la práctica de la actividad y /o indicador de una normativa adecuada de actividad. Existe además una demanda creciente de información sobre el idóneo patrón de alimentación, así como sobre sus consecuencias en la composición de los diferentes componentes corporales De su correcto diagnóstico deben dimanar decisiones que afectan a normativas de vida de los individuos y más generalmente de colectivos poblacionales (Willet, 1990; Must y Dalait, 1991; Kaczmarki, 1993).

Si entendemos la CC de modo simplificado, y en individuos vivos, como las proporciones que existen entre el componente libre de grasa y la parte de grasa corporal, es bien notoria su variación no solo durante el proceso de crecimiento sino a lo largo del ciclo vital, incluso en condiciones de adecuación de ingestas para cubrir las necesidades metabólicas y de actividad de los sujetos. Existe una remodelación somática cuasi permanente que condiciona actualizaciones de estas características en las diferentes etapas ontogenéticas (Shepard, 1991) (véase el capítulo 10.C.A). Sin abordar aspectos patológicos es importante reseñar la variación debida al marcado dimorfismo sexual de los componentes antes referidos. En efecto, durante la fase de crecimiento y de modo más marcado a partir de la pubertad, se produce un remodelado somático que incide en un mayor acúmulo graso femenino además de una distribución grasa más uniforme en las mujeres.

Los hombres desarrollan, en paralelo a una condición endocrina con crecientes concentraciones de testosterona, un mayor componente "no graso", y este suele ser en proporción más troncal (Kaczmarki, 1993). Los estrógenos, hormonas ováricas, por el contrario, actúan sobre la maduración ósea, balance hídrico y componente graso. De este modo, el componente graso se incrementa en más de un 100% en el caso de las niñas en su transición puberal. El inicio de la función menstrual y su mantenimiento demanda este nuevo estatus. El acúmulo graso en forma de panículo adiposo es una fuente indirecta de obtención de estrógenos no ováricos ya que en él se potencia la aromatización de hormonas andrógenas. En casos de obesidad en varones hay evidencia de desarrollo de rasgos somáticos femeninos dimanada de una concentración menor de andrógenos por transformación de estos en el tejido adiposo en estrógenos. (Martín y cols., 1992). Así, un porcentaje graso del 25% supone un estado patológico indicativo de sobrepeso en los varones, pero es el nivel óptimo constitutivo para la mujer (Tabla 10.C.1).

Condición somática	Varones	Mujeres
Normalidad	12-20 %	20-30%
Sobrepeso graso	21-25%	31-33%
Obesidad	>25%	>33%

Tabla 10.C.1 Porcentajes de grasa corporal sobre peso total en varones y mujeres y su rango de normalidad morfofisiológica

De los compartimentos del organismo (óseo, magro, graso además del agua) el componente graso es el de más compleja evaluación y se admite que un 80 % es de tejido adiposo subcutáneo y un 20% sería achacable a tejido intersticial, conectivo y vasos sanguíneos. Cada adipocito contiene entre 0,4 y 0,6 mg de grasa pero puede llegar a 1,2 mg en adipocitos subcutáneos. La densidad de la masa grasa es, por el contrario, bastante constante de 0,9 g/ml siendo la masa libre de grasa mucho más variable; en ella, el componente muscular tiene una densidad de 1,064 g/ml (Martín y cols., 1994; Shepard, 1991). El agua, con una densidad de 1 g/mg, es variable siendo apreciable el descenso hídrico ligado a la edad y un marcado dimorfismo sexual.

Las relaciones entre tejido adiposo, masa muscular y tejido óseo son de especial importancia en el climaterio. Mediante estudios de absorciometría de doble fotón se ha demostrado que las mujeres posmenopáusicas sufren un aumento en la proporción de grasa en el tronco o de tipo androide y del cociente grasa del tronco/grasa de las extremidades inferiores, sin que se produzca un aumento significativo de la masa grasa corporal total. Las diferentes variables de distribución grasa androide se relacionan mejor con los años de menopausia que con la edad, de forma que en el análisis de regresión múltiple aquel parámetro fue mejor predictor de la masa total grasa y la grasa del tronco. Estudios longitudinales demuestran que la transición menopáusica acelera el aumento de adiposidad central.

La masa magra (tejido no graso) disminuye significativamente con los años transcurridos desde la menopausia, entre 49 y 60 años de edad (Reyes y cols.,2006). La talla y la masa muscular del tronco, piernas y corporal total son significativamente inferiores en las mujeres menopáusicas que en las premenopáusicas, mientras que la masa muscular bilateral de los brazos no difiere en ambos grupos. La menopausia, por lo tanto, favorece la pérdida de masa muscular con independencia de la talla y la edad, siendo la masa muscular del tronco afectada en mayor medida que la de otras partes del cuerpo.

En las mujeres menopáusicas, entre los 49 y 65 años, existe una relación negativa significativa entre edad, por un lado, y densidad mineral ósea corporal y densidad mineral vertebral por otro. La pérdida de tejido óseo se estima en aproximadamente un 0,33 y un 0,7 % por año, respectivamente. La masa de tejido adiposo tiene una correlación positiva significativa con la edad, sobre todo en los años inmediatamente posteriores al cese de las menstruaciones (Cantó, 2000; Prado y cols., 2005). También existe una correlación significativa entre masa corporal total y densidad mineral regional, por el contrario, la correlación entre masa de tejido adiposo y las diferentes medidas de densidad mineral ósea son negativas. En esta fase de la mujer la masa magra se correlaciona menos con la masa ósea.

10.C.2. Control hormonal de los cambios ponderales

La regulación hormonal de los cambios ponderales es un proceso complejo, no del todo aclarado. La leptina es una hormona producida en el tejido adiposo blanco y en la placenta, que controla el mecanismo del apetito y el balance energético (SEEDO, 2000). En una cohorte de mujeres se ha demostrado que los niveles plasmáticos de leptina se correlacionan significativamente con el cociente cintura/cadera, insulina, glucemia y colesterol, pero no hay correlación significativa con la edad, talla o tensión arterial, consumo de alcohol o de tabaco (Widhalm y Schnegger, 1999). Los niveles de leptina aumentan en las mujeres posmenopáusicas posiblemente como consecuencia del aumento de la masa de tejido adiposo. En mujeres no obesas el tratamiento hormonal de reemplazo (THR) con parches de estradiol o con estrógenos conjugados orales no produce cambios de la leptina en valores absolutos o corregidos según el IMC o si acaso son ligeros aumentos (Prado y Rodriguez, 2006).

En las mujeres obesas los niveles plasmáticos de leptina son tres veces superiores que en las mujeres de peso normal. Tras la pérdida de una media de 8 kg (9%) la leptina se reduce un 22%, la grasa corporal baja 16%, la grasa abdominal subcutánea un 17% y la grasa visceral 18%. La concentración de leptina por kg de grasa corporal no se modifica significativamente durante el adelgazamiento.

La insulina es adipogénica, es decir, aumenta la masa grasa corporal y estimula la producción y secreción de leptina que actúa a nivel central para reducir el consumo de comida y aumentar el gasto de energía. Al mismo tiempo, la leptina suprime la secreción de insulina por las células b del páncreas. La disregulación del eje adipoinsular favorece la obesidad y la hiperinsulinemia asociada con la diabetes. El

tratamiento con estrógenos tiene un efecto moderado sobre la resistencia a la insulina de las mujeres posmenopáusicas, aunque no hay estudios conclusivos a largo plazo.

El tratamiento con gestágenos tiene un ligero efecto deletéreo sobre la sensibilidad a la insulina que se puede atribuir al componente androgénico de los mismos. En todo caso, las controversias surgidas en el ámbito de las aplicaciones de TSH de modo generalizado sugieren que cualquier uso de hormonas sea realizado tras un estudio personal de la mujer candidata (Prado y Reyes, 2006). Recientemente se ha identificado una hormona cerebral que provoca hambre y favorece la gula (Widhalm y Schonegger, 1999; Casas y cols., 2001) y que ha sido denominada orexina. Al parecer, existen dos variedades producidas en las neuronas del hipotálamo y su contenido cerebral se modifica por la alimentación. Si se confirman estos hallazgos, en el futuro se podrán diseñar fármacos para regular el peso corporal.

10.C.2.1. Repercusiones del ejercicio en la mujer

La salud de la mujer joven y adulta se beneficia de modo incuestionable de la actividad física realizada de manera regular sin que suponga un aspecto negativo a su fisiología. La actividad física es recomendable a lo largo del proceso vital. Sin embargo, desde 1992, en que por parte del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), alertó sobre el posible riesgo que estaba y está evidenciándose en las mujeres. Estos riesgos alertan sobre mermas en calidad de vida y salud importantes (Brozack y cols., 1963). Los tres riesgos asociados se dan en su totalidad por situaciones no directamente dimanadas del ejercicio en sí, sino que en alguno de los casos se asocian a hábitos paralelos a esta práctica, a saber: 1. Desórdenes alimentarios, 2. Amenorreas, 3. Osteoporosis.

1. **Desórdenes alimentarios.** Los desórdenes alimentarios se refieren a una serie amplia de conductas o comportamientos alimentarios dañinos, y a menudo ineficaces, que siguen asociados a un intento de ganar o, en la mayoría de los casos, perder peso para lograr un perfil somático más acorde a las presiones sociales a las que se ve sometida la mujer. En este último supuesto, la gravedad de los comportamientos va desde una restricción de ingesta a la utilización de laxantes y purgantes (con el consiguiente riesgo de desequilibrio hídrico), hasta desórdenes más graves que pueden ocasionar morbimortalidad a corto plazo y medio plazo: anorexia y bulimia nerviosa. Estos comportamientos ocasionan, en contra de lo esperado, un descenso en el rendimiento funcional y deportivo.

2. **Amenorrea. La amenorrea primaria**, es decir el retraso en la aparición de la primera menstruación o menarquia, suele definirse como la falta de inicio de menstruación en jóvenes de 16 años en las que ya se haya evidenciado desarrollo de caracteres sexuales secundarios (Prado y cols., 2006). **La amenorrea secundaria**, por el contrario, describe las situaciones de "pérdida de función ovárica". Esta situación se define a partir de tres ciclos consecutivos sin menstruación después de la menarquia. Esta amenorrea se asocia con el ejercicio y/o con anorexia nerviosa. Se observa en ambas una disminución en la producción de hormonas ováricas e hipoestrogenia (amenorrea hipotalámica) produciendo un estatus similar al que se da en la menopausia. Tanto en la amenorrea como en la menopausia hay un descenso en la densidad mineral ósea a tener en cuenta (Cantó, 2000).

3. **Osteoporosis.** La osteoporosis es la enfermedad dimanada de la pérdida acelerada y no fisiológica de masa ósea y un deterioro en la microarquitectura del tejido óseo. Se ocasiona así un aumento de la fragilidad del esqueleto y un riesgo aumentado de sufrir fracturas. La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece los siguientes caracteres diagnósticos:
   3.1. **Normal:** densidad mineral ósea (DMO) que no es inferior a una desviación estandar de la promedio establecida en adultos jóvenes.
   3.2. **Osteopenia:** DMO entre 1 y 2,5 desviaciones de la antes mencionada referencia.
   3.3. **Osteoporosis:** una DMO superior a 2,5 desviaciones por debajo de la media.
   3.4. **Osteoporosis severa:** aquella en la que la DMO, es superior a 2,5 desviaciones por debajo del promedio y con una o más fracturas debidas a la fragilidad.

La vinculación con el ejercicio, que favorece el metabolismo óseo, radica en que en estas mujeres activas hay una disminución de hormonas ováricas e hipoestrogenia como resultado de procesos amenorreicos hipotalámicos frecuentes (ACSM, 1997).

El tejido adiposo no es solo un receptor pasivo de estímulos humorales y neuronales, ya que es capaz de secretar diversas sustancias y actuar como un órgano endocrino, paracrino y autocrino (ACSM, 1997). Por ejemplo, la leptina (producto del gen Ob, cuya situación está dentro del cromosoma 7q32.1) es una hormona secretada por el tejido adiposo que se relaciona positivamente con el tejido graso subcutáneo estando regulada por el contenido graso de los adipocitos. Esta secreción actúa en lo que se refiere al sistema nervioso central provocando una reducción de la actividad orexígena y, sobre todo, en su estímulo a la producción de leptina que inhibe la secreción de insulina. En mujeres obesas persiste siempre un elevado nivel de leptina relacionado con su depósito graso subcutáneo. También en el tejido adiposo se producen citoquinas. El tejido adiposo, además del hígado, es una fuente importante de síntesis de angiotensina. En este tejido, el nivel de angiotensinógeno es el doble con respecto a la grasa visceral sobre otras zonas grasas, lo que en parte podría explicar las elevaciones de tensión arterial en distribuciones grasas centrales. En mujeres premenopáusicas cuya grasa visceral se ha medido por tomografía axial, esta se muestra relacionada con los marcadores del síndrome de resistencia a la insulina.

Metabolismo y capacidad funcional están en parte condicionados, como someramente se ha enunciado, por la reserva grasa del individuo. Desde el punto de vista epidemiológico se deben potenciar el empleo de marcadores y técnicas antropométricas para la estimacion de grasa, así como de su distribución (pliegues cutáneos, perímetro cintura/cadera), en el estudio de incidencia de situaciones de malnutrición, tanto por exceso como por defecto, en grupos y poblaciones. Previsiblemente, en los próximos años se incrementarán los datos disponibles sobre la influencia de la CC así como su perfil distributivo somático, por esta razón se debe alertar sobre el riesgo que puede dimanar de aplicar y comparar resultados de estimación por diferentes métodos y en diferentes situaciones. Cualquier medida de diagnóstico, corrección de tendencias y o seguimiento de procesos en individuos y poblaciones, deben de contemplar estas fuentes de posible variación (Casas y cols., 2001).

En el contexto de lo anteriormente reseñado se ha evidenciado cómo en el caso de las mujeres, parte de la variación de CC está ligada al ciclo vital (Cantó, 2000; Prado y cols., 1992; Prado y Delgado, 2001; Prado y cols., 2004; Prado y cols., 2005; Reyes y cols., 2006). Además, pubertad, embarazo, lactancia, menopausia están en relación con el estilo de vida. Recientes estudios muestran cómo el momento del ciclo menstrual en el que se realice la medición es, en sí mismo, un motivo de variación y divergencia. En efecto, en un estudio de seguimiento diario de un grupo homogéneo de mujeres jóvenes entre 20 y 30 años, durante 5 semanas con evaluación de CC por BIA y pliegues cutáneos, se ha podido comprobar cómo al emplear la BIA en la determinación de la CC, existía una variación notoria respecto a los resultados obtenidos según el día del ciclo menstrual en el que eran estudiadas y medidas las mujeres. La mejor conductividad del agua y su variación por la acción estrogénica explican estos resultados (véase la Tabla 10.C.2) obtenidos en el seguimiento de un grupo de mujeres sanas en periodo reproductivo (20-30 años) no utilizando anticoncepción oral. Por el contrario, no se registraron cambios cuando la evaluación se hacía por el mismo observador y en análogas condiciones, de modo indirecto con los pliegues cutáneos (tricipital, bicipital, escapular y suprailiaco). En ese mismo estudio se indica cómo la mejor correlación entre los dos métodos de determinación de la CC se produce en fase postovulatoria, en cuanto a estimacion de kilos de grasa como en su porcentaje sobre el peso total del individuo (Tabla 10.C.3).

En todo caso, es recomendable que se optimicen enfoques multidisciplinares en los que, junto a las tradicionales recomendaciones de organismos internacionales y consensos comunes, se analice las características del individuo, su micro, meso y macroentorno, integrando su conocimiento en actuaciones tendentes a mejorar de calidad de vida individual y social. La visión holística de la antropología es, sin duda, una vía por la que sería recomendable transitar.

Variable	PC	BT	B-1	B-2	B-3	B-4
kg grasa	13,2± 4,3	12,6±4,1	12,4±4,0	12,7±3,8	12,8±3,7	12,4±3,8
% graso	24,4±5,3	22,8±4,0	22,5±4,8	23,0±3,8	23,1±3,7	22,6±3,9
peso	55,1±5,3	55,2±5,4	55,0±5,5	55,3±5,4	55,5±5,4	55,0±5,6

Tabla 10.C.2 Valores de composición corporal (kg de grasa y % graso), estimadas por pliegues cutáneos y bioimpedancia en diferentes fases del ciclo menstrual en mujeres con edad entre 20-30 años. **PC:** pliegues cutáneos **BT:** bioimpedancia total, **B-1:** bioimpedancia menstruación, **B-2:** bioimpedancia preovulatoria, **B-3:** bioimpedancia ovulatoria, **B-4:** bioimpedancia postovulatoria (Prado y Delgado, 2001)

Variable	kg B-1	kg B-2	kg B-3	kg B-4
kg grasa (pliegues)	0,852	0,868	0,865	0,887
% graso (pliegues)	0,837	0,860	0,856	0,880
	% graso B1	% graso B2	% graso B3	% graso B4
kg grasa (pliegues)	0,756	0,743	0,754	0,785
% grasa (pliegues)	0,774	0,778	0,786	0,817

Tabla 10.C.3 Coeficientes de correlación (r) para estimaciones de kg de grasa y % graso. Entre los métodos de pliegues grasos y bioimpedancia, de acuerdo a la fase del ciclo menstrual de la muestra de mujeres analizadas entre 20-30 años (Prado y Delgado, 2001)

Bibliografía

- *ACSM La triada de la mujer atleta*. American College of Sport Medicine 1997 (MSSE 29: 5 : I- IX.
- Bouchrad C, Depress JP, Mauriègde PO. Genetic and monogenetic determinants of regional fat distribution. *Endocr Rev* 1993; 14: 72-93.
- Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitomettric analisys of body composition revision of some quantitative assumptions. *Ann New York Acad Sci* 1963; 110: 113-140.
- Cantó M. *Menopausia: entorno y factores de riesgo en la mujer urbana. Estudio de la osteoporosis*. Ediciones Universidad Autónoma. 2000. Madrid.
- Casas YJ, Schiller BC, Besouza CA, Seal S. Total and regional body composition across ageing in healthy hispanic and white women with similar socioeconomic status. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 13.18.
- Kaczmarski RJ. Trend in body composition for infants and children in the US. *Critt Rev Food Sci Nutr* 1993; 33: 375-387.
- Marín P, Andersson B, Ottosson M, Ulbe L, Chowdhury B, Kvist H. The morphology and metabolism of intraabdominal adipose tissue in men. *Metabolism* 1992; 41. 1242-1248.
- Martín Peña AD. Adipose tissue density estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadavers. *Int J Obesity* 1994; 18: 79-83.
- Must A, Dallail GF. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (WT/HT2) and triceps skinfolds thickness. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 839-846.
- Prado C, Cantó M, Gómez-Lobo P. Social and biological risk factors related to the climateric period in women: osteoporosis. *Collegium Anthropologicum* 1992; 16, 1: 157-167.
- Prado C, Carmenate M, Vázquez F, Marrodán MD. *Les facteurs de risque dans les alterations nutritionnelles: Aspect anthropometriques et socialux*. Biometrie Humaine et Anthropologie 2004; 22: 67-72.
- Prado C, Delgado E. Un problème pour la biometrie la variation de la composition corporelle pendant le cycle menstruel après la puberté. *Biometrie Humaine et Antrop* 2001; 19, 1,2:71-76.
- Prado C, Marrodán, MD Carmenate M, Acevedo P, Nielsen AH, Martínez R, Rivas R, García C. *Perfil de riesgo cardiovascular en las mujeres rurales españolas. Aporte de la Antropología Física. Antropos 2007: La Antropología ante los desafíos del siglo XXI*. Editorial Desclf. La Habana, Cuba.; 1965-1965.
- Prado C, Nielssen AH, Donoso C, Aréchiga J, Monsalvez T, Carmenate M, Martínez A. Ciclo reproductor y antropología en grupos de mujeres sometidas a diferentes presiones ambientales. *Revista Cubana de Salud Pública* 2005;31:1-5.
- Prado C, Nielssen AH, Martínez R, Carmenate M, Donoso C. La composition corporelle des adolescentes la mode et quelques repercussions cliniques. *Bull et Mem Soc Anthrop* París 2003;15:123-130.
- Prado C, Reyes A. Papel de los Estrógenos en el ciclo de vida de las Mujeres. Saluco. *Boletín de la Red Cubana de Género y Salud Colectiva* 2006; 5(1):8-12.
- Prado C, Rodríguez P. *Alteraciones menstruales de las cooperantes internacionales. Un tema para desarrollar desde la Bioantropología. La Antropología ante los nuevos retos de la humanidad*. Génesis Multimedia. Prensa Latina (ed).2006 . La Habana.
- Shepard RJ. *Body composition in Biological Anthropology*. Cambridge University Press. 1991. Cambridge.

- Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO). Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso, la obesidad y establecimiento de criterios para la intervención terapéutica. *Med Clin* 2000; 115: 587-597.
- Sweenney ME. Composición corporal. Evaluación: intragrupos epidemiológicos, clínicos y de investigación. En: *Obesidad: impacto en la enfermedad cardiovascular.* Flecher GF, Grundy SM, Hayman L. Eds. Amrican Heart Association, Futura publishing company. Edición española: Medical trends, Barcelona 2001. P. 129-137.
- Valtueña S, Kehayias J. *Determinación de la grasa corporal in vivo: de las técnicas bicompartimentales al análisis de la activación de neutrones y absorciometría de rayos X de doble energía* (DXA). *Med Clin* 2001. V 116: 590-597.
- Widhalm K, Schonegger K. BMI does it really reflects body fat mass? *J Pediatr* 1999; 134: 522-553.
- Willet WC. *Nutricional Epidemiology Monographs in Epidemiology and bioestatistics.* Oxford University Press. New York. 1990.

10.D. Cineantropometría de los mayores

Antonio del Valle Ramiro
M. Dolores Marrodán Serrano
Consuelo Prado Martínez

10.D.1. Introducción

En el año 1998, cuando los mayores de 60 años igualaron a los menores de 15 años, comenzó *La Revolución Silenciosa* según, definía Kofi Annan (2002). Entonces se contabilizan en el mundo 629 millones de habitantes con más de 60 años. A la cabeza Japón con un 27%, seguido de Suiza con 26%, (Valle, 2005). La esperanza de vida mundial es de 65 años, variando de los 38 años de Sierra Leona a los 80 años en Japón. Casos individuales se acercan al límite biológico como el de la francesa Joanne Calment que cumplió 122 años, (Perls, 1995). Pero los ejemplos puntuales no sirven como base para los estudios epidemiológicos, en todo caso las referencias a zonas con elevado número de supervivientes por encima de los cien años (Medvedev, 1986), así como las regiones de Abjasia de la Georgia Caucásica (antigua URSS) Hunz en el Himalaya (Hunzaland-Pakistán), Vilcabamba en el Valle Sagrado del Perú-Ecuador, todas ellas con parámetros comunes como la altitud superior a los 1.700 metros, temperatura templada, alimentación mayoritariamente vegetariana y trabajar físicamente durante su vida.

La preocupación social por el fenómeno de envejecimiento poblacional aumenta por la sobrecarga social y sanitaria que conlleva. En este contexto es necesario el conocimiento antropológico de la población anciana o mayor. Este capítulo se ocupa de facilitar las directrices en el ámbito de la cineantropometría, sobre la base de la interpretación de los fenómenos fisiológicos subyacentes.

10.D.2. Valoración cineantropométrica en los mayores

Debemos ser muy rigurosos al realizar el examen exploratorio en el anciano, partiendo de los **datos de filiación** que nos proporcionan la localización (nombre, domicilio y teléfono) que por la LOPD 15/1999 de 13 de diciembre se reservan, y dos variables indispensables estadística y epidemiológicamente: **edad y sexo.**

10.D.3. La anamnesis y exploración física

La historia clínica se centrará en los aspectos que tienen que ver con la actividad realizada o profesión, además de incluir cuestiones mas concretas como:

1. Si realizó antes algún deporte a lo largo de su vida, y sus preferencias.
2. Sobre sus hábitos: alimenticios (vegetariano), fumador, ingesta de bebidas alcohólicas, y horas de sueño al día.
3. Antecedentes familiares y personales de enfermedades, fundamentalmente cardiovasculares u otras que puedan contraindicar temporal o permanentemente la práctica de actividad física o unos ejercicios en concreto, más tiempo del habitual para recuperación teniendo en cuenta sus limitaciones. La valoración de las personas mayores es una labor compleja, por sus características especificas con déficit sensoriales, cognitivos, dificultades físicas, bradifrénia o bradicinesia, que obligan a que el equipo de valoración, el instrumental y las condiciones de evaluación se tengan que aplicar en unas condiciones diferentes a la población joven. Los profesionales y estudiosos que trabajan con población mayor cuentan con instrumentos de valoración, pero demandan habitualmente una guía que facilite y homogenice su trabajo. En este capitulo queremos presentar al lector una serie de consideraciones e instrumentos de exploración para una valoración gerontológica integral que nos defina la condición física saludable con la actividad física (Bouchard y cols., 1994), con pruebas específicas para ancianos como *Tests for Fitness in Older Adults* (AAHPERD) (Clark, 1989) y la Valoración Funcional *Fitness Test* (Rikli y cols., 2001).

10.D.4. Áreas funcionales a evaluar

1. **Valoración funcional**. El test más usado es la **Escala de Actividades para la Vida diaria de Katz** (Katz y cols., 1963), que valora la autonomía o independencia para bañarse, vestirse, usar los sanitarios, movilidad para sentarse y levantarse de la silla y cama, continencia urinaria y fecal, alimentación desde el plato a la boca; y la escala de Barthel (Mahoney, 1965), que además analiza la autonomía en deambulación y subida de escalones.
2. **Valoración cognitiva**. Utiliza las escalas de evaluación psicogeriátrica (Jorm y cols., 1995) como el Crichton (Valle y cols., 2004), o el Mini Examen del Estado Mental (MMSE) derivado de Lobo, o en el abreviado. Todos estos cuestionarios suelen agruparse en baterías conjuntas y con secciones de información, memoria y concentración.
3. **Valoración sobre la alimentación y la nutrición**. La cuantitativa, sobre la ingesta por programas como el Nutrix de Wander (1991) relativo a las raciones, dietas, nutrientes ingeridos y su correlación de edades, sexo y ejercicio (Valle, 2000).
4. **Valoraciones analíticas**. Hemáticas, cardiorrespiratorias y metabólicas previas, para descartar la presencia de posibles patologías asociadas con la vejez.
5. **Valoración de la condición física saludable** como estado dinámico con energía y vitalidad, que no solo les permita realizar las tareas habituales, sino imprevistos o emergencias sin llegar a un cansancio excesivo, o enfermedades hipocinéticas por descenso de la actividad física (Bouchard y cols., 1994). Para ello disponemos de pruebas de Evaluación de la Condición Física de Ancianos (ECFA) (Carmina y cols., 2000), con la Batería de Capacidades Físicas (BCF) (Ávila y cols., 2006), o con la Valoración de la Capacidad Funcional (VACAFUN) (González, 2006).

10.D.5. Clasificación de la edad

Para comenzar es necesario analizar la clasificación por la edad y grupos de edad, para luego pasar al análisis de salud general y física con instrumentos como OARS (Duke, 1978). Según Ruiz Torres, (1994), la edad real corresponde a la biológica no a la cronológica; se considera que el deterioro del envejecimiento conlleva el desgaste de los órganos, ocasionando sobreesfuerzo de estos y del organismo en general, consumiendo espacio biológico. Se denomina **Espacio Biológico Consumido** el que se resta del Potencial Biológico heredado (máximo entre los 120 y los 130 años), para calcular la edad biológica real. Podría comprobarse pesando el hígado o determinando el tejido conectivo del corazón y valorando los niveles de AMP- cíclico de la hormona triyodotirosina, con estos datos sabríamos el espacio biológico consumido, a restar del potencial biológico inicial. Tendríamos que valorar además, las habilidades adaptativas, control de afecciones, abstención ante tabaco y alcohol, dieta equilibrada y nivel de ejercicio. Se recomienda calcular la edad cronológica en edad decimal, puesto que permite clasificar con exactitud en la escala de edades en milésimas, quedando las dos o tres cifras últimas del año como enteros (Tabla 10.D.1).

Media años 1er estudio	82,54	**Hombre** 81,69	**Mujer** 83,40
Media años 3er estudio	84,53	**Hombre** 84,06	**Mujer** 84,77

Tabla 10.D.1. Media por edad y sexo tomado de Valle (2005)

La realidad estadística de las empresas de seguros estiman que la vulnerabilidad atribuible al declinar la capacidad funcional, a partir de los treinta años, es de 0,8% anualmente (Hayflick y cols., 1990). La evolución secular puede considerarse como resultado de la plasticidad fenotípica bajo la presión de cambios en el ambiente, sumados al proceso de microevolución (Bernis y cols., 1983) influenciados por el nivel de salud, higiene y nutrición. En general, ocasiona una pérdida de reserva de capacidad regeneradora, así como de compensación de las funciones de los órganos (Tesauro y cols., 1996). Durante la madurez cronológica (entre 35-45 años), la actividad física declina conllevando una acumulación de grasa corporal de 5-10 kg. Las actividades y el rendimiento físico se vuelven menos importantes. Pasada esta fase, la mediana edad tardía (45-65 años), cuando las oportunidades laborales han alcanzado comúnmente su pico, con mayores ingresos, permiten delegar funciones pesadas, disminuyendo la condición física. En la edad avanzada o vejez temprana (65-75 años) también clasificada como adultos mayores, puede ha-

ber un incremento de la actividad física, en un intento de llenar el tiempo libre resultado de la jubilación (Shephard, 1987). En la decrecencia o vejez media (75-85 años), muchas personas han desarrollado alguna incapacidad física y, por último, la etapa final (mayor de los 85 años) donde se vuelve la mayoría totalmente dependiente (Valle y cols., 2005). Una expectativa funcional característica es de 8-10 años de incapacidad parcial, y un año de total dependencia (*Health and Welfare,* 1990). Aun así, existen amplias diferencias interindividuales en el estatus funcional a una edad determinada.

VARIABLES		N	X±SD	t	Significación
TALLA 1 (cm)	Hombres	48	161,634 ± 6,588		
	Mujeres	68	149,516 ± 5,622	1,873	NS
TALLA 2 (cm)	Hombres	36	161,436 ± 6,323	1,599	NS
	Mujeres	62	148,889 ± 5,609		
TALLA 3 (cm)	Hombres	36	161,303 ± 6,392	1,484	NS
	Mujeres	62	148,158 ± 5,734		
VARIACIÓN TALLA (cm)	Hombres	36	1,156 ± 1,194	1,045	NS
	Mujeres	62	1,579 ± 1,850		
TALLA SENTADO 1 (cm)	Hombres	47	84,057 ± 4,99	7,14	***
	Mujeres	67	78,32 ± 3,58		
TALLA SENTADO 2 (cm)	Hombres	36	84,82 ± 3,53	9,02	***
	Mujeres	61	77,83 ± 3,77		
TALLA SENTADO 3 (cm)	Hombres	29	84,46 ± 3,88	8,27	***
	Mujeres	52	77,17 ± 3,76		
PESO 1 (kg)	Hombres	47	64,815 ± 11,383	0,262	NS
	Mujeres	68	60,451 ± 11,424		
PESO 2 (kg)	Hombres	36	64,700 ± 11,414	-0,017	NS
	Mujeres	62	59,139 ± 12,122		
PESO 3 (kg)	Hombres	36	64,203 ± 11,677	0,127	NS
	Mujeres	62	57,700 ± 12,283		
LONGITUD BRAZO 1 (cm)	Hombres	48	33,42 ± 2,69	4,963	***
	Mujeres	68	30,97 ± 2,48		
LONGITUD BRAZO 2 (cm)	Hombres	36	33,22 ± 2,58	5,038	***
	Mujeres	62	30,63 ± 2,38		
LONGITUD BRAZO 3 (cm)	Hombres	29	32,41 ± 2,73	3,29	**
	Mujeres	54	30,47 ± 2,45		

Tabla 10.D.2. Dimorfismo sexual. Tamaño longitudinal de la muestra total. NS= No significativa, *= Significativa, **= Muy significativa, ***= Altamente significativa. Tomado de Valle (2005)

En términos de consumo máximo de oxígeno, fuerza muscular y flexibilidad, un individuo bien preservado de 65 años puede tener un rendimiento similar al de un individuo sedentario de 25 años. Siempre que se evalúe a nivel médico deportivo y se recomiende un programa de ejercicio adecuado, las decisiones deben basarse en la edad biológica más que en la edad cronológica.

Dentro de este capítulo creemos que el análisis y valoración de los ancianos tiene que ser global y multidisciplinar, pues en la última etapa de la ontogenia humana no se puede comprender la funcionalidad de los diferentes órganos y sistemas por separado. La cineantropometría es utilizada en muchos campos como en la nutrición (Herrera, 2003), educación física, medicina, antropología, biomecánica, fisiología, ergonomía, endocrinología, geriatría y genética, entre otras. En gerontología tiene un papel central que ayuda a resolver problemas, mejorar la salud y el rendimiento tanto físico como psicológico en las personas mayores.

De los aspectos básicos que conforman la praxis de la cineantropometría, los estudios de la proporcionalidad, del somatotipo, de la composición corporal (CC) entre otros, son los mejores indicadores de la capacidad para realizar cualquier tipo de esfuerzo físico, y está íntimamente relacionada con la

presencia de sus tejidos corporales fundamentales, pero no exclusivamente. El equilibrio hemodinámico, las capacidades cognitivas y funcionales están teniendo mucho peso en estas valoraciones, por lo que consideramos de interés mencionar algunas de las herramientas de valoración que se están empleando para una valoración multidisciplinar.

La elección de las áreas a estudiar depende de los objetivos del profesional, si la cineantropometría relaciona estructura y función, pues casi todas las funciones están asociadas a tejidos anatómicos específicos:

- Masa muscular (MM) con fuerza, potencia, velocidad, estado nutricional.
- Masa grasa (MG) con balance energético (nutrición), menor rendimiento físico.
- Masa ósea (MO) con factores biomecánicos que afectan capacidades físicas y estructurales.
- Peso residual con la deshidratación.

Desde la antigüedad se decía *la función hace al órgano y el órgano la función*. También se deben considerar las capacidades de flexibilidad, concentración y habilidades personales para el análisis de la evolución dentro del nicho ecológico o medio habitual-ecoadaptación. Son quizás estas últimas valoraciones las que se analizan menos, pero consideramos necesario tratarlas aunque sea de forma somera.

VARIABLES		N	X±SD	t	Significación
DIÁMETRO BIACROMIAL 1 (cm)	Hombres	46	38,021 ± 2,403	7,430	***
	Mujeres	68	34,993 ± 1,975		
DIÁMETRO BIACROMIAL 2 (cm)	Hombres	36	37,872 ± 2,689	6,857	***
	Mujeres	61	34,696 ± 1,863		
DIÁMETRO BIACROMIAL 3 (cm)	Hombres	29	37,583 ± 2,535	6,336	***
	Mujeres	54	34,204 ± 2,192		
DIÁMETRO BIILIOCRESTAL 1 (cm)	Hombres	48	31,312 ± 2,865	-0,075	NS
	Mujeres	68	31,349 ± 2,327		
DIÁMETRO BIILIOCRESTAL 2 (cm)	Hombres	36	30,561 ± 2,957	0,917	NS
	Mujeres	61	30,072 ± 2,258		
DIÁMETRO BIILIOCRESTAL 3 (cm)	Hombres	29	30,183 ± 2,305	0,796	NS
	Mujeres	54	29,763 ± 2,285		
CIRCUNFERENCIA BRAZO 1 (cm)	Hombres	48	25,11 ± 3,40	-1,048	NS
	Mujeres	68	25,76 ± 3,18		
CIRCUNFERENCIA BRAZO 2 (cm)	Hombres	36	25,04 ± 3,54	-0,337	NS
	Mujeres	62	25,29 ± 3,37		
CIRCUNFERENCIA BRAZO 3 (cm)	Hombres	29	24,79 ± 4,22	0,664	NS
	Mujeres	54	24,23 ± 3,41		
CIRCUNFERENCIA TÓRAX 1 (cm)	Hombres	48	94,89 ± 7,89	1,694	NS
	Mujeres	68	91,92 ± 10,15		
CIRCUNFERENCIA TÓRAX 2 (cm)	Hombres	36	92,86 ± 7,81	2,411	*
	Mujeres	62	88,62 ± 8,71		
CIRCUNFERENCIA TÓRAX 3 (cm)	Hombres	28	92,98 ± 8,57	2,86	**
	Mujeres	54	87,41 ± 8,25		
CIRCUNFERENCIA CINTURA 1 (cm)	Hombres	48	93,969 ± 10,32	1,997	NS
	Mujeres	68	89,779 ± 11,755		
CIRCUNFERENCIA CINTURA 2 (cm)	Hombres	36	92,014 ± 10,644	1,958	NS
	Mujeres	62	87,137 ± 12,546		
CIRCUNFERENCIA CINTURA 3 (cm)	Hombres	28	92,018 ± 11,004	2,980	*
	Mujeres	54	84,833 ± 10,005		
CIRCUNFERENCIA CADERA 1 (cm)	Hombres	48	99,344 ± 8,155	-2,228	*
	Mujeres	68	103,375 ± 10,49		
CIRCUNFERENCIA CADERA 2 (cm)	Hombres	36	99,486 ± 9,835	-1,213	NS
	Mujeres	62	102,234 ± 11,33		
CIRCUNFERENCIA CADERA 3 (cm)	Hombres	28	97,696 ± 9,528	-1,132	NS
	Mujeres	54	100,583 ± 11,60		

Tabla 10.D.3. Dimorfismo sexual. Tamaño transversal de la muestra total. Tomado de Valle (2005)

10.D.6. Consideraciones específicas para los mayores

Las pruebas que se utilizan para la cuantificación de la condición física son muy variadas, desde las estructurales y de composición, a las funcionales como capacidades y habilidades motrices.

10.D.6.1. Composición corporal

Respecto a este primer apartado se propone un método antropométrico para fraccionar el peso corporal en sus cuatro principales componentes: grasa, hueso, músculo y remanente, en modelo de asociación de masa con función, por ejemplo, de músculo con la fuerza medida por un dinamómetro de mano, aunque no es el único factor a tener en cuenta pues la expresión de la fuerza está influida por otros aspectos físicos de forma, de estructura y psicológicos que tendremos que tener en cuenta.

Las variables de CC como pliegues grasos, densidad, porcentaje de grasa, peso magro, índice adiposo/muscular, son indicadores específicos de endomorfia analizada generalmente por pliegues tricipital y ubescapular, o de mesomorfia con el perímetro de brazo. En ancianos se recomienda hacer un subgrupo con variables del brazo como medidas estables, otro con las troncales consideradas más indicadoras de grasa general, así como un tercero con la valoración en la pantorrilla, aconsejados por la OMS para personas mayores. Como referencia de valoración (Tabla 10.D.4).

VARIABLES		N	X±SD	t	Significacion
PLIEGUE BICIPITAL 1 (mm)	Hombres	48	5,27 ± 1,87	-3,86	***
	Mujeres	68	6,93 ± 2,65		
PLIEGUE BICIPITAL 2 (mm)	Hombres	36	4,69 ± 1,55	-4,72	***
	Mujeres	62	6,65 ± 2,57		
PLIEGUE BICIPITAL 3 (mm)	Hombres	36	4,94 ± 1,61	-3,98	***
	Mujeres	62	6,81 ± 3,05		
PLIEGUE TRICIPITAL 1 (mm)	Hombres	48	8,68 ± 3,44	-7,34	***
	Mujeres	68	15,23 ± 6,12		
PLIEGUE TRICIPITAL 2 (mm)	Hombres	36	8,08 ± 2,66	-8,14	***
	Mujeres	62	15,59 ± 6,3		
PLIEGUE TRICIPITAL 3 (mm)	Hombres	36	7,98 ± 2,70	-7,96	***
	Mujeres	62	16,21 ± 7,32		
PLIEGUE SUBESCAPULAR 1 (mm)	Hombres	48	13,12 ± 5,21	-0,93	NS
	Mujeres	68	14,14 ± 6,25		
PLIEGUE SUBESCAPULAR 2 (mm)	Hombres	36	13,04 ± 4,42	-2,89	**
	Mujeres	62	16,39 ± 7,05		
PLIEGUE SUBESCAPULAR 3 (mm)	Hombres	36	13,52 ± 4,76	-2,21	*
	Mujeres	62	16,21 ± 7,25		
PLIEGUE SUPRAILIACO 1 (mm)	Hombres	48	12,73 ± 5,61	-1,88	NS
	Mujeres	68	14,74 ± 5,65		
PLIEGUE SUPRAILIACO 2 (mm)	Hombres	36	14,25 ± 5,21	-0,13	NS
	Mujeres	62	14,39 ± 656		
PLIEGUE SUPRAILIACO 3 (mm)	Hombres	36	12,63 ± 5,42	-1,26	NS
	Mujeres	62	14,1 ± 5,70		

Tabla 10.D.4. Variables de composición corporal de la muestra total. Pliegues. NS= No significativa, *= Significativa, **= Muy significativa, ***= Altamente significativa. Tomado de Valle (2005)

Las fórmulas de valoración suelen venir definidas para población joven, algunas se definen específicamente en los ancianos mayores de 65 años, como la densidad de Durnin y Womersley (1974):

DENS= 1,1765 - 0,0744 log (BI+TR+SB+SI). Para varones de 17 a 72 años.

DENS= 1,1567 - 0,0717 log (BI+TR+SB+SI). Para mujeres de 16 a 68 años.

La densidad es valorada habitualmente a partir de los pliegues grasos bicipital, tricipital, subescapular y suprailiaco. Pero se recomienda añadir otros pliegues significativos para valoración en ancianos, como el pliegue abdominal o los más estables del muslo frontal y pantorrilla, como mejores predictores de la MG en mayores, y evitar pliegues que generaran mayor variabilidad como el bicipital.

1. **Valoración del porcentaje graso.** Se puede realizar partiendo de la densidad determinada previamente y formulando específicamente para personas mayores según Brozek y cols., 1963: % MG = (4,57/d - 4,142) x 100 para adultos, y Siri (1961): % MG = (4,95/d - 4,50) x 100 para individuos adultos. Tenemos en cuenta que la distribución de adiposidad corporal es más homogénea en adultos mayores, donde la disminución de estradiol en las mujeres las confiere distribución grasa similar al modelo masculino, condicionando la aparición de enfermedades crónicas. El exceso de panículo adiposo en la zona del tronco se asocia más en mayores con la diabetes, arteriosclerosis y las enfermedades coronarias (Ferrero-Luzzi, 1992). El acúmulo de grasa troncal supone más aterogenicidad, y tiene gran influencia sobre la grasa visceral (SEEDO, 2002). En general, se está considerando esta composición como un buen indicador de obesidad en el anciano en comparación con el IMC, (Álvarez y cols., 2001).

Mujeres	Hombres	Clasificacion
<15	<10	Poca grasa
15-20	10-15	Delgadez
21-24	16-19	Normalidad
25-30	20-25	Sobrepeso
>30	>25	Obesidad

Tabla 10.D.5. Clasificación por porcentaje de grasa. Bray (1972)

La valoración de peso graso según porcentaje graso Peso graso (kg) PG = Peso total kg. * % de grasa y deduciendo el peso magro, PM = Peso corporal - Peso graso; podemos determinar cómo se produce el envejecimiento, sabiendo que en la involución senil se sustituye tejido muscular por conectivo, lo que hace mas interesante este índice adiposo-muscular; IAM = Peso graso/Peso magro.

2. **Valoración del tejido óseo**. Para formular esta valoración se consideran los diámetros que mayor correlación tienen con la masa total del esqueleto, como son los diámetros de muñeca y húmero que son mejores indicadores que el femoral o el biacromial. La estimación antropométrica de masa esquelética nos sirve para la aplicación en grupos de personas sin patologías, como la osteoporosis. Es de utilización habitual como cociente indicador de rendimiento mecánico del deportista. Se considera que cuanto mayor es la proporción de masa muscular en relación a la ósea, mayor potencia se podrá aplicar en trasladar el cuerpo en el espacio.

$$\text{Masa esquelética (kg)} = 0{,}60 * 0{,}0001 * \text{Talla (cm)} * (\text{Suma de diámetros óseos})^2$$

Suma de diámetros óseos = humeral + femoral + muñeca + tobillo

10.D.6.2. Valoración somática y morfológica

Considerando las variables de tamaño y de forma.

1. **Variables de tamaño** como son la talla, talla sentado, peso, longitud del brazo y diámetros transversales, y circunferencias. Teniendo por separado una importancia limitada en los mayores, la talla disminuye progresivamente, como el peso; pero llegados a la cuarta edad indica una influencia diferencial en el género femenino, aumenta con la supervivencia, como se aprecia en los estudios longitudinales (Tablas 10.D.2 y 10.D.3). La variabilidad de peso y talla ha llevado a los gerontólogos a valorar formulas que impliquen a diferentes variables, como IMC o el ÍCCad, que pueden ser mejores indicadores del tamaño real en esta edad.

2. **Variables de forma** más usadas:
   a. El **IMC**: además de indicarnos la forma, nos sirve de referencia para valorar estados nutricionales y riesgos mórbidos como el cardiovascular o la obesidad. Es un excelente indicador en sujetos de mediana edad, teniendo un valor considerado como relativo en el anciano, debido al descenso de estatura, por lo que se ha requerido de correcciones continuas en sus rangos de normalidad en las personas mayores, siendo los más usados:

      - SEEDO (2002), en el que validan dos puntos de corte, delgado< de 18,5 y obesidad >30.
      - Garrow (1985). Que considera normopeso <27 h <25 m; sobrepeso 27-30 h y 25-30 m; obesidad >30.
      - Fricker (1996). Considera el ideal para mayores de 65 años, entre 24 y 30 de IMC.
      - OMS (Pedreira, 2003). Considera delgadez IMC menor de 18,5; bajopeso <24; normopeso entre 24-29,9 y sobrepeso-obesidad >30, para ancianos.

      Quedarían dos cortes de IMC claramente internacionalizados para la tercera edad, que son: menor de 18,5 para delgadez y mayor de 30 para obesidad, siendo imprecisos para esta edad los cortes de normalidad y bajo peso, por lo que se considera que deben seguirse los criterios recomendados por la OMS.
      Como referencia de valoración véase la Tabla 10.D.6.

Variables		N.	X±SD	t	Significación
ÍNDICE MASA CORPORAL 1	Hombres	47	24,805 ± 4,038	-0,633	NS
	Mujeres	68	27,044 ± 4,94		
ÍNDICE MASA CORPORAL 2	Hombres	36	24,834 ± 4,199	-1,286	NS
	Mujeres	62	26,666 ± 5,328		
ÍNDICE MASA CORPORAL 3	Hombres	36	24,672 ± 4,287	-1,196	NS
	Mujeres	62	26,239 ± 5,241		
ÍNDICE CÓRMICO 1	Hombres	47	52,01 ± 2,35	0,939	NS
	Mujeres	67	52,37 ± 1,74		
ÍNDICE CÓRMICO 2	Hombres	36	52,56 ± 1,70	0,883	NS
	Mujeres	61	52,24 ± 1,74		
ÍNDICE CÓRMICO 3	Hombres	29	52,46 ± 1,91	0,815	NS
	Mujeres	52	52,13 ± 1,67		
ÍNDICE ACROMIO/ILÍACO 1	Hombres	48	82,481 ± 6,811	-5,924	***
	Mujeres	68	89,694 ± 6,215		
ÍNDICE ACROMIO/ILÍACO 2	Hombres	36	80,777 ± 6,447	-4,377	***
	Mujeres	61	86,814 ± 6,654		
ÍNDICE ACROMO/ILÍACO 3	Hombres	29	80,450 ± 5,644	-4,754	***
	Mujeres	54	87,175 ± 6,380		
ÍNDICE CINTURA/CADERA 1	Hombres	48	0,946 ± 0,067	5,928	***
	Mujeres	68	0,869 ± 0,070		
ÍNDICE CINTURA/CADERA 2	Hombres	36	0,925 ± 0,0624	5,257	***
	Mujeres	62	0,852 ± 0,0692		
ÍNDICE CINTURA/CADERA 3	Hombres	28	0,941 ± 0,052	6,118	***
	Mujeres	54	0,846 ± 0,073		

Tabla 10.D.6. Variables de forma de la muestra total. NS= No significativa, *= Significativa **=Muy significativa ***= Altamente significativa

   b. El **ICCad Índice (Cintura-Cadera)**
      ICCad= Perímetro de cintura (cm)/Perímetro cadera (cm)
      Se ha considerado como un buen indicador de la obesidad central, y se han dado unos valores de referencia para calibrar el aumento del riesgo cardiovascular, si bien este índice no permite diferenciar si se trata de una acumulación perivisceral o subcutánea (Pedreira, 2003).
      Como referencia de valoración véase la Tabla 10.D.4.

Clasificación de la obesidad por ICCad

- **Obesidad central, abdominal, visceral o androide**. La grasa localizada en cara, región cervical, tórax y abdomen. Corresponde a un ICC>1 en hombres y >0,9 en mujeres. Se asocia con mayor riesgo de hipertensión, diabetes tipo 2, o con enfermedad cardiovascular asociando la mortalidad, independientemente del IMC.
- **Obesidad periférica, glúteo-femoral o ginoide**, se asocia a rangos de ICC< 0,9-1 hombres, y ICC< 0,8-0,85 en mujeres.

Según los trabajos de la OMS, la acumulación de grasa abdominal puede ser un referente por circunferencia en cintura en correlación de riesgo metabólico (RM):

RM Aumentado	>de 94 H y >80 en M en cm
RM Muy aumentado	>102 en H y >88 en M

10.D.6.3. Valoración funcional *fitness*

La valoración funcional se realiza con relación a variables que nos pueden indicar tanto la función normal como las patologías instauradas en los mayores. Entre otras:

- **Capacidad vital (CV)**, analizada con espirometría directa, o relacionándola con el tamaño corporal que consideramos mejor en los estudios de la población anciana, dada la variabilidad del tamaño corporal de esta población. Cantidad de aire que puede ser expelido después de una inspiración profunda. Se aconseja su valoración con el espirómetro de balón sobre base de agua, inhalando y exhalando por completo y forzadamente. Los espirómetros de acción indirecta se han demostrado menos fiables debido a las dificultades específicas de la población mayor. Se recomienda en esta población análisis derivados de la CV como la Capacidad vital de Aperell (Comas, 1983), que nos relaciona peso y altura con CV.

$$CVA = CV(ml) * PESO\ (kg) / TALLA\ (cm)$$

  - Constitución débil si X < 1000
  - Constitución media si X = 1001 a 1400
  - Constitución robusta si X > 1401

- **Tensión arterial sistólica y diastólica**

- **Capacidades funcionales.** Sirve para objetivar las modificaciones fisiológicas sufridas en el esfuerzo, conocer la adaptación del organismo del mayor al ejercicio o actividad física, determinando la aptitud para practicar deporte en aquellos que nunca lo han hecho, o detectar contraindicaciones del ejercicio y evitando complicaciones en la realización del mismo.

Tests de ergometría. Las pruebas ergométricas en mayores no deben de durar más de 7 a 9 minutos. Se utiliza para ello bicicleta estática o cicloergómetro, cinta rodante, subir y bajar escalones de altura estándar, piscina ergométrica y banco de remo ergométrico. Se valoran el tiempo, la velocidad, la frecuencia cardiaca (Fc) y ácido láctico.

Valoración hematológica. Conocemos cómo las formulas hematológicas y bioquímicas sanguíneas varían de acuerdo a los diferentes grupos humanos de acuerdo con el sexo y también según la edad (Bittles y cols., 1993). Esta última variación ha sido menos estudiada, sobre todo en lo que hace referencia a la población mayor no hospitalizada (véase el Anexo II al final del libro). En relación con las normas de bioética, según la Declaración de Helsinki de 1975, enmendada en 1983, recomendamos tomar las valoraciones de los análisis rutinarios y periódicos que ya se les viene haciendo, de los que extraemos los valores mas útiles para nuestro estudio y valoración, y los comparamos con los normogramas. Para la toma de muestras se recomienda la extracción tras 10 horas de ayuno, con punción en la vena mediana o braquial, posteriormente una vez recogida la muestra, analizarla con aparatos homologados, que en nuestro caso fue un analizador CULTER.

Son recomiendan las valoraciones de parámetros como:

- **Hemograma**: hemoglobina, hematocrito, hematíes, leucocitos y fórmula leucocitaria.
- **Iones**: Calcio (Ca), Fosforo (P), Sodio (Na), Potasio (K) y Magnesio (Mg).
- **Para valorar la función renal**: creatinina, urea, acido úrico.
- **Para valorar el perfil lipídico**: colesterol total VLDL, HDL-Cy, LDL colesterol, triglicéridos, fosfolípidos.
- **Para valorar la función hepática**: transaminasas GOT (ALT), GPT (AST), GGT, fosfatasa alcalina, bilirrubina total.
- **Para la valoración nutricional**: glucosa, proteínas totales y CK (Creatinkinasa).

Sería recomendable con algunas valoraciones directas como el colesterol HDL y LDL, calcular proporcionalidades en relación con sus posibles patologías asociadas como sería el riesgo aterogénico de colesterol (RAC).

10.D.6.4. Fisiología y funcionabilidad

- **El consumo energético.** La demanda total de energía diaria es originada por el metabolismo de reposo, y disminuye con la edad por pérdida de masa muscular activa y un incremento de los depósitos de grasa, lo que tendremos que tener en cuenta en las múltiples ingestas alimenticias que se realizan al cabo del día. El consumo de oxígeno máximo disminuye alrededor de 5 ml/kg/min por década, desde los 25 a los 65 años de edad (Shephard, 1987). Es difícil determinar esta pérdida, así como el punto de reducción progresiva de la actividad física. Las causas de pérdida de potencia aeróbica relacionadas con el envejecimiento están influidas por la reducción de oxígeno arteriovenoso, el volumen del latido cardiaco y la frecuencia cardiaca máxima.

  La máxima diferencia arteriovenosa de oxígeno se reduce en el anciano. Este cambio conlleva la dirección de mayor fracción de sangre total del sujeto ejercitando hacia otras regiones distintas al músculo (la piel y las viseras), donde la extracción de oxígeno es bastante limitada (Shephard, 1993). El consumo máximo de oxígeno de muchos ancianos cae alrededor de los 80 años de edad, pero la pérdida de función puede ser incrementada por un periodo de reposo debido a alguna enfermedad.

  El volumen latido durante el ejercicio puede ser mayor que en un adulto joven (Ortega, 1992), en cambio la persona mayor tiene dificultad en mantener el volumen latido a medida que se aproxima al esfuerzo máximo (FEMEDE, 1994). El llenado venoso está dificultado por un pobre tono venoso periférico, algunos casos con varicosidades y una relajación más lenta de la pared ventricular. La sensibilidad reducida a las catecolaminas provoca una disminución en el incremento de la contractilidad miocárdica durante los ejercicios, y la frecuencia cardiaca máxima se reduce. La postcarga del ventrículo también se incrementa. Finalmente, la contractilidad ventricular puede ser disminuida por el desarrollo de isquemia. Los valores de frecuencia cardiaca máxima se reducen si el sujeto experimenta falta de CV como en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) o desarrolla isquemia de miocardio.

- **La Fuerza**. Se ha considerando una pérdida progresiva según el grado de entrenamiento y mantenimiento del ejercicio. Se estabiliza a los 35 o 40 años, y muestra una reducción acelerada, con una pérdida del 25% a la edad de 65 años. La masa muscular disminuye en el número de fibras, asociado con la pérdida de terminales nerviosas. Otras causas posibles de la pérdida funcional son el deterioro de las placas terminales, una falta de excitación-contracción. Tanto el tiempo de contracción como el tiempo de relajación se prolonga. El cociente de fuerza en hombre o mujer se mantiene sin cambios, por lo cual las mujeres están limitadas por la pérdida de fuerza a una edad más temprana que los hombres, y esta mayor pérdida se produce en el lado dominante del cuerpo.

  Dentro de las valoraciones de fuerza, las de parte superior son las más utilizadas, la dinamometría manual en ambas manos, en el ECFA; o la flexión de brazo con pesas en VACAFUN. Para la valoración de la parte inferior del cuerpo la resistencia abdominal con flexiones de tronco o levantarse-sentarse de una silla 5 veces.

- **La flexibilidad**. La elasticidad de los tendones, ligamentos y cápsulas articulares se reduce a medida que se desarrollan uniones cruzadas adyacentes a las fibras de colágeno. Se produce la restricción en el rango de movimiento en las principales articulaciones y la independencia se puede perder debido a que los sujetos no pueden completar los movimientos requeridos. Como pruebas de flexibilidad se aconseja: alcanzar las manos por detrás de la espalda, flexión de cadera y tronco y alcanzar el pie con la rodilla extendida.

- **La cinesiología articular**. La evaluación de los movimientos articulares se realiza usando el concepto de *balance articular* o medición de los ángulos de los movimientos realizados, por dos o más palancas óseas, de una articulación mediante un goniómetro o una cinta métrica, y suele ir disminuyendo dependiendo más de la poca actividad física realizada que de la presencia de alteraciones articulares.

- **La exploración de reflejos tendinosos**. La capacidad reactiva al estimulo con el efecto motor puede estar considerablemente disminuida y se recomienda su valoración previa en ancianos, que junto con la valoración cognitiva, nos puede indicar las condiciones neurológicas. Los reflejos automáticos más frecuentemente estudiados son:
  - Bicipital. Al percutir sobre el tendón del bíceps se provoca la contracción de este músculo, y por tanto, la flexión y supinación del antebrazo sobre el brazo.
  - Tricipital. Percutiendo con el martillo de reflejos sobre el tendón del tríceps braquial se debe extender el antebrazo.
  - Rotuliano o patelar. Percutir el tendón del cuádriceps cerca de la inserción tibial originándose una extensión automática.

- **Los equilibrios** que nos dan una valoración de la confianza en su motricidad son de dos tipos: estáticos monopodal con o sin visión, o dinámicos, sentándose y levantándose de una silla andando tres metros ida y vuelta y volviéndose a sentar.

- **La velocidad en la marcha** en 4 minutos a paso normal y la resistencia aeróbica a los 6 minutos, o andando rápido 2000 metros, son otro complemento fundamental.

- **La coordinación oculomanual** que es un predictor fundamental en el envejecimiento, pues indica la pérdida de motricidad fina al hacerse imprecisos los movimientos (Zaragoza y cols., 2004).

10.D.6.5. Valoración de patologías

- **La obesidad**. La necesidad de marcar unos parámetros de normalización en la clasificación de esta patología viene expresada desde la conferencia de Fogarty, en donde quedó claro que la herramienta fundamental era el IMC, tomando la referencias del estudio de Framinghan y adaptando el Índice de Quetelet (1985). Las últimas variaciones de esta consideración ya no son de forma, sino de puntos de corte para los diferentes subgrupos de población, independientemente del interés de contrastar con otros índices de forma como el ICCad y CC como porcentaje de grasa de Bray (1972).

- **La hipertensión arterial**. Considerada como el aumento de la presión o tensión arterial, por encima de 140/90 mmHg según la OMS (1978). En los mayores, el rango considerado de hipertensión sistólica se eleva a 160 mmHg. El rango de normalidad de presión arterial:
  - Sistólica entre valores de 100 y 160 mmHg.
  - Diastólica entre valores de 50 y 90 mmHg.

  Por debajo de estas cifras tendremos hipotensión (poco frecuente a edades avanzadas).
  Con cifras menores de 90 mmHg de presión diastólica y mayores de 160 mmHg de presión sistólica consideramos hipertensión sistólica aislada. El riesgo latente de hipertensión en el rango entre 140 y 190 mmHg suele estar relacionado con la función renal alterada (OMS, 1978), (Cantó y cols., 1993). Se considera que la hipertensión sistólica es propia del envejecimiento y que la hipertensión diastólica está relacionada con la menopausia. Se ha visto una relación clara de hipertensión con obesidad en IMC.mayores de 23 kg/m^2, y se reconoce la prevalencia conjunta con hipertensión (Pedreira y cols., 2003).

- **La diabetes**. Se considera el aumento de prevalencia en los mayores, con los niveles de glucosa basal en sangre sobre lo normal, pero limitando el diagnóstico con la intolerancia a la glucosa. Se ha comprobado que si no sobrepasa el IMC de 25 kg/m^2, se reducen los casos de diabetes, especialmente en mujeres.
- **Las dislipemias**. Consideradas como un aumento de las proporciones de colesterol total (LDL-Colesterol), triglicéridos y fosfolípidos, o disminución de HDL-Colesterol. Se ha podido comprobar cómo la mortalidad baja, a partir de los 55 años, con el aumento proporcional del HDL-Colesterol, por lo que se aconseja relacionar ambas variables en el RAC.

El riesgo aterogénico de colesterol (RAC) (Ley, 1994). Por valoración de proporcionalidad de colesterol total frente a HDL-Colesterol. Se denomina también indice aterogénico de colesterol (IAC), conocido como Índice de Castelli (1978).

RAC = (HDL Colesterol / Colesterol total) * 100

NCEP (RAC) Clasificación:	Menor de < 4,5	Deseado
	Entre 4,5-5	Limite
	Mayor de > 5	Aumentado

La obesidad se asocia a niveles altos de triglicéridos, colesterol total y LDL-C y niveles bajos de HDL-C. Especialmente la obesidad central por grasa abdominal, asociándose con riesgos de enfermedad coronaria. La incidencia de hipercolesterolemia se relaciona con el aumento de IMC y con el cociente cintura/ cadera (Pedreira y cols., 2003).

La condición física saludable para la realización de actividades físicas, está condicionada también por las características socioculturales independientemente de las limitaciones fisiopatológicas de los individuos por lo que podemos observar diferentes respuestas en ancianos de condicionamientos bio-psico-físicos parecidos.

10.D.6.6. Respuesta al ejercicio sistemático

Un programa de entrenamiento aeróbico apropiado y progresivo puede aumentar la potencia aeróbica de sujetos de 65 años de edad en 10 ml/kg/min durante un periodo de 3 meses o más, reduciendo la edad biológica, especialmente por mejorar el sistema de transporte de oxígeno. El entrenamiento aeróbico previene la discapacidad del anciano, induce una disminución de la morbilidad, por lo cual se mantiene una buena salud hasta antes de la muerte. Los patrones de actividad física a finales de la mediana edad son buenos predictores de la probabilidad de dependencia en la vejez (Tesauro, 1996).

Debido a que la aptitud física inicial es bastante baja, el nivel aeróbico de un mayor puede ser mejorado por medio del entrenamiento de baja intensidad. Las grandes mejorías se obtienen si se puede mantener una frecuencia cardiaca de 130-140 latidos/minuto, pero también es beneficioso un progreso más lento con entrenamientos regulares a frecuencias cardiacas de 110-120 latidos/minuto. En ancianos débiles, la frecuencia cardiaca raramente excede los 85 latidos/minuto, pero se pueden dar respuestas al entrenamiento incluso con actividades que provoquen un aumento de la frecuencia cardiaca hasta los 100 latidos/minuto.

La fuerza muscular puede mejorarse en poco tiempo (dos meses), con entrenamiento de sobrecarga, aun en sujetos de 90 años (Perls, 1995). La mayor parte de la pérdida de masa magra puede ser evitada mediante el ejercicio regular de sobrecarga. Los músculos más fuertes mejoran su función estabilizando las articulaciones, reduciendo el riesgo de caídas y disminuyendo la disnea. Se temió que el ejercicio de sobrecarga causara un incremento de la presión sanguínea, sin embargo, si las contracciones individuales son sostenidas unos pocos segundos con la fuerza voluntaria reducida, el aumento en la presión sanguínea no es mayor del que podría provocar una serie de ejercicios en cicloergómetro.

La flexibilidad puede conservarse realizando ejercicios suaves, en el movimiento de las principales articulaciones durante todos los días. Si la debilidad muscular y la artritis ya están avanzadas, dichas ac-

tividades pueden realizarse en agua caliente. La flotación sostiene el peso corporal, y el calor incrementa inmediatamente la flexibilidad de las articulaciones.

El ejercicio moderado con restricción en el ingesta calórica es un tratamiento efectivo para la diabetes mellitus. Muchos pacientes se ahorran las complicaciones de la terapia a largo plazo con insulina y el rígido control de los alimentos en la dieta. El ejercicio también puede corregir tanto la obesidad como la depresión en pacientes con hipotiroidismo.

10.D.6.7. Deportes aconsejados en mayores

La recomendación de ejercicios suaves, como andar, será generalizada en estas edades, debido a la estabilización de la fuerza muscular. El rendimiento en los eventos anaeróbicos declina menos con los años y hay deportes donde la experiencia es prioritaria. Los más recomendados para ancianos son los que requieren habilidad y paciencia, como son:

- **Natación**. Favoreciendo toda la musculatura, facilita la movilidad articular y la elasticidad. Debemos aprovechar el hecho de que en el agua el peso corporal disminuye por la flotabilidad.
- **Tenis**. Se recomienda si ha existido práctica no interrumpida, mejor en ausencia de competitividad. Potencia la movilidad y la resistencia.
- **Ciclismo**. Facilita los movimientos y potencia la musculatura. Mejor en llano porque así hay menor gasto energético.
- **Andar o marcha**. Es la actividad que se puede hacer durante más tiempo. Adaptada siempre a sus posibilidades. Recomendamos buscar terreno sin mucha pendiente y caminar 45 minutos diarios. Mejora el acondicionamiento cardiovascular y el aparato locomotor (FEMEDE, 1994).
- **Gimnasia**. Ejercicios libres; estiramientos o ejercicios con balones pequeños, que buscarán la mejora de los movimientos de las extremidades; se recomiendan ejercicios de relajación.
- **Golf**. Al aire libre o bien en sala. Facilita la agilidad mental, la habilidad, destreza y la fuerza en los brazos. Exige armonizar fuerza y flexibilidad.
- **Juegos**. Tenis de mesa, petanca, bolos, billar, danza y bailes, les permiten hacer ejercicios en lugares cerrados en invierno o con calores sofocantes, y son especialmente recomendados en aquellos mayores que tienen dificultades para salir al aire libre.

10.D.6.8. Precauciones

Hay precauciones de seguridad necesarias, al ejercitarse el mayor, por sus condiciones de fragilidad específica. La cantidad de ejercicio no debería desanimar al participante por encontrarse cansado al día siguiente de un ejercicio programado, pues el proceso de recuperación es lento y sería aconsejable realizarlos, en un principio, a días alternos.

En individuos con enfermedades articulares preexistentes, la marcha debería sustituir a la carrera, la caminata rápida o marcha atlética sería el entrenamiento ideal con menos tropiezos, así como un impacto mucho menor sobre las rodillas.

Las actividades donde no se soporta el peso, tales como la natación, son útiles para aquellos con problemas articulares.

Los mayores deberían evitar los deportes donde hay riesgo de colisión, debido a la fragilidad de sus huesos osteoporoticos. Si hay historia de caídas se necesita tener máxima precaución al realizar actividades que requieren de un buen sentido del equilibrio.

En los mayores que toman medicamentos hipotensores o presiones arteriales irregulares pueden presentar riesgos de pérdida de conciencia, particularmente por el calor, o por un baño prolongado en la piscina, sobre todo si está el agua muy caliente (spa o balnearios).

En los ambientes extremos, tanto si el clima es caluroso o muy frío, la actividad debería realizarse dentro de instalaciones con aire acondicionado. Para aquellos que son mas frágiles, se puede conseguir el entrenamiento físico utilizando ejercicios sentados.

Contraindicaciones absolutas

Hemos creído necesario finalizar las recomendaciones con una serie de límites. Aunque en general hay que animar a los mayores a hacer cualquier tipo de actividad física, hay casos donde un excesivo optimismo les lleva a pensar que pueden actuar con la misma libertad que cuando eran jóvenes, sin tener en cuenta sus limitaciones por la edad y sus propias patologías. Entre estas contraindicaciones mencionamos (Ortega, 1992):

- Enfermedades incurables: neoplasias.
- Cardiopatías: insuficiencia cardiaca descompensada, aneurisma ventricular, anginas de pecho (estables o inestables) e infartos de miocardio que no hayan realizado un programa de rehabilitación cardiaca postinfarto, miocarditis y miocardiopatías, bloqueo auriculoventricular completo y arritmias.
- Enfermedades pulmonares: insuficiencia respiratoria e hipertensión pulmonar. Insuficiencia renal crónica, o suprarrenal. Hernias grandes donde no está indicado el tratamiento quirúrgico. Epilepsia no controlada con la medicación.
- Infecciones: como tuberculosis en fase activa, hepatitis viral, fiebre reumática aguda.
- Traumáticas: lesiones que exijan inmovilización y posterior rehabilitación, al menos hasta pasar un tiempo prudencial tras la valoración por su especialista y rehabilitador.
- Otras patologías como litiasis biliar y urinaria.

En general todas aquellas enfermedades que puedan descompensar bruscamente al organismo, provocando pérdidas de conciencia.

Contraindicaciones circunstanciales

- En enfermos de diabetes, hiperlipémicos, grandes obesos: se recomienda reducir su actividad deportiva o moderar su intensidad y la frecuencia de las repeticiones.
- En la hipertensión arterial, infarto agudo de miocardio, durante los tres primeros meses de empezar el tratamiento tras la valoración por su cardiólogo y tras integrarse en un programa de rehabilitación cardiaca postinfarto de miocardio.
- En procesos infecciosos banales: procesos catarrales banales, o gripales leves.
- Enfermos con patologías inflamatorias: brotes artríticos o gastritis crónica, artritis leves. Rinoconjuntivitis alérgicas estacionales.

El entrenamiento no restaura el tejido que ya ha sido destruido, pero puede proteger al individuo contra enfermedades crónicas propias de su edad, y puede maximizar la función residual. Se incrementa la expectativa de vida, se retrasa la discapacidad parcial o total, y se gana en calidad de vida. Por lo tanto, es muy importante la actividad física y la práctica de ejercicio saludable por parte del mayor.

Por último, tendríamos que aconsejar siempre el hacer la práctica deportiva acompañado de otras personas, y con control sanitario periódico en la medida de lo posible.

Bibliografía

- Álvarez E, Vioque J. Ganancia de peso a lo largo de la vida adulta. *Med Clin (Barc)* 2001; 117: 172-174.
- Annan Kofi, Secretario General de Naciones Unidas. *II Asamblea Mundial Sobre el envejecimiento,* 8-12 Abril de 2002. Ed. Rv. Senda nº 21; Madrid. Abril 2002.
- Ávila Funes JA, Gray Donald K, Payette H. *Medición de las capacidades físicas de adultos mayores de Québec: Un análisis secundario.* NuAge. Salud Pública de México. 2006;48:446-54.
- Bernis C, Sandín M. Milien Socioprofessionnel: Observations relatives à la Sociètè Espagnole. *Bull Soc Roy Belge Anthrop* 1983; 94:137-153.
- Bittles A y cols. *Ageing and Altered Haematological Índices, in a multi- Ethnic London Population.* Ed. Resúmenes XIII Congreso de Ciencias Antropológicas y Etnológicas. México, 1993.

- Bouchard C, Shepard RJ, Stephens T. *Physical activity, fitness, and health Champaing*. Human Kinetics Books; 1994.
- Bray G, Davison M, Drenick E. A serius symtomp. *Ann Intern Med* 1972; 7:191-219.
- Cantó Ferreira M y Prado C. The problem of Osteoporosis and Menopause in relation to morphophysiological characteristics. *International Journal of Anthropology* 1993. Vol. 8 N.4: 205-212.
- Carmina Fernández F, Cancela Carral JM, Romo Pérez V. Pruebas para evaluar la condición física en ancianos (batería ECFA): su fiabilidad. *Rev Esp Geriatría y Gerontología*. 2000; 35:205-16.
- Castelli, 1978, *tomado del estudio Framingam. Ref. Consenso Programa N USA* (NCEP). 1993.
- Clark BA. *Tests for Fitness in Older Adults*. AAHPERD Fitness, Task Force. J. Phys Edu. Recreation Dance. 1989; 60:66-71.
- Comas, J. *Manual de Antropología Física*. Universidad N. Autónoma de México, 1983.
- Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974. 32:77-97.
- FEMEDE (Federación Española de Medicina del Deporte). *Boletín Camina. Te sentirás mejor.* 1994, 21:1.
- Ferro-Luzzi A. Overweight of the elderly. *Age Nutr* 1992. 3: 55-58.
- Fricker J. Obesité. Ed. Masson, Paris. 1996.
- Garrow JS, Webster J. Quetelet's index (W/H2) as a measure of fatness.*Int J Obes* 1985. 9:147-153.
- González Gallego J. *Desarrollo de una batería de tests para valoración de la capacidad funcional en las personas mayores (VACAFUN ancianos) y su relación con estilos de vida, el bienestar subjetivo y la salud*. León: U. de León. 2006.
- Hayflick L, Barcia D, Miquel J. Centro de estudios gerontológicos, Universidad de Florida. *Perspectives on the theorical basis for aging and longevity. Aspectos actuales del envejecimiento normal y patológico*. Ed. ELA, Libro del año. Madrid 1990.
- Health & Welfare Canada. *Health Promotion Survey*. Ottawa: Health & Welfare, Canada. 1990.
- Herrera HA. *Tesis Doctoral sobre Evolución del Estado Nutricional en un Colectivo de Ancianos Institucionalizados*. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco; España. 2003.
- Jorm AF, Mackinnon AJ, Henderson AS, Scott R, Christensen H, Korten AE, Cullen JS, Mulligan R. The Psychogeriatric Assessment Scales: a multidimensional alternative to categorical diagnoses of demencia and and depression in the elderly. *Psychological Medicine* 1995. 25: 447-460.
- Katz S, Ford AB, Moskowitz RW, Jackson BA, Jaffe MW. Studies of illness in the aged: The index of ADL, a standarized measure of biological and psychosocial function. *Journal of the American Medical Association* 1963. 185: 914-919.
- Ley Pozo J y cols. Flujo arterial cerebral y peróxidos lipídicos en el envejecimiento. *Rev Española Geriatría y Gerontología* 1994; 29(2): 67-72.
- Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the BARTHEL Index. *Maryland State Medical Journal* 1965.14: 61-65.
- Medvedev ZhA. *The Biology of Human Ageing*. Ed. Cambridge UP 1986. Pg. 201-214.
- *NUTRIX: Programa para valoración de la dieta*. Laboratorios Wander, Madrid. 1991.
- OMS. World Health Organization. *Arterial Hypertension*. Ginebra: Expert Committee Report, (Technical Report núm. 628), 1978.
- Ortega R. El ejercicio físico en el envejecimiento. En: *Medicina del Ejercicio Físico y el Deporte para la Atención a la Salud*. Madrid. Díaz de Santos. 1992; 557-780.
- Pedreira C, Robles F. *Sobrepeso y Obesidad en el Anciano Rv. SEMER* Julio 2003. Vol. II nº 4 p: 25-40.
- Perls TT. *Los ancianos entre los ancianos*. Ed. Rev. Investigación y Ciencia, Nº 222; 1995. Pags.: 74- 79.
- Rikli RE. Jones CJ. *Senior fitness test manual*. Champaign: Human Kinetics; 2001.
- Ruiz Torres A. Envejecimiento y la Enfermedad. *Rv de Geriatría y Gerontología* 1994. 29:168-174.
- SEEDO. Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad. *Ref. Anales del Sistema Sanitario de Navarra*; 2002, 25 Suplemento 1, Pg. 91-102.
- Shephard RJ. Aging and Exercise. In: *Encyclopedia of Sports Medicine and Science*, TD Fahey Editor. Internet Society for Sport Science: http://sportsci.org. 7, 1998.
- Shephard RJ. *Physical Activity and Aging*. 2nd Ed. London. Croom Helm Publishing. 1987.
- Shephard RJ. *Health and Aerobic Fitness*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers. 1993.
- Siri WE. Body Composition fom Fluid Spaces and Density, en: Broceck J y Henschel A. Eds. *Techniques for Measuring Body Composition*. National Academy of Sciences, Washington D.C. 1961.
- Tesauro MA, Sáinz A. *Consideraciones teóricas sobre la Geriatría. Fisiología del envejecimiento*. Ed. Publex Studio SL.; Madrid. 1996.
- Valle A. Alimentación y envejecimiento en ancianos institucionalizados: Tendencias actuales de investigación en la antropología física española. Eds: Caro L, Rodríguez H, Sánchez E, López B, Blanco MJ. Publicaciones Universidad de León, 2000; p: 653-658.

- Valle A, Prado C. Etude longitudinale de la relation entre la variation des traits physiologiques et la mortalité. Rev. *Biométrie humaine & Anthropologie* 2004 Paris. 22,1-2. Pg. 73-79.
- Valle A, Carmenate MM, Prado C. Estudio Antropológico sobre el deterioro Físico y Cognitivo relacionado con Factores Sociodemográficos en Ancianos Institucionalizados. *Rev Esp de Geriatría y Gerontología* 2005. 40(Ex1): 21-22. 2005.
- Valle Ramiro A. *Estudio Bioantropológico Longitudinal del Envejecimiento de Ancianos de la CAM*. Ed. UAM. GU-76. Madrid 2005.
- Zaragoza Casterad J, Serrano Ostariz E, Generelo Lanaspa E. Dimensiones de la condición física saludable: evolución según la edad y genero. *Rev Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte 2004;* 4: 204-21.

UNIDAD IV

Ámbitos de aplicación

Capítulo 11. CARACTERÍSTICAS CINEANTROPOMÉTRICAS DE LOS DEPORTES OLÍMPICOS DE VERANO

11.1. Intr

La p m
tudio c..sa
al ejercicio
plina ci ntí
los aut es
un auge er
cen compl
nino au ra
su equ o
de un expe
el año 200
y técni s,
de ellas co
estatal, y e
la regi d
en la c np
modalidad
cineantrop
Por tar),
como os
queda mu

En st
ceptua ne
cripción te
funció de
explica en
tos, y no t

Po: eri
tropon tri
tes deport
aquell v
deberi n c
rios corres
nes que s
por el ec
esta c a
son impor

Fin m
por ta..o s
del deport

* Bibl. ..ra

11. Características cineantropométricas de los deportes olímpicos de verano

Ángel Herrero de Lucas
Francisco Esparza Ros
M. Dolores Cabañas Armesilla

11.1. Introducción

La primera pregunta que surgiría al desarrollar este capítulo es: *¿Por qué incidir nuevamente en el estudio cineantropométrico en el deporte?*. La evolución de las pruebas y mediciones fisiológicas aplicadas al ejercicio, tanto las realizadas en laboratorio como a pie de campo, parecen haber postergado esta disciplina científica en los últimos años. Ejemplo de esta tendencia la tenemos en la información aportada por los autores Fernández y Alvero (2006)(*), que señalan cómo en la revista *Apunts Medicina de l´Esport*, tras un auge en la bibliografía sobre cineantropometría entre los años 1987 y 1995, las referencias desaparecen completamente. La respuesta la encontramos en el éxito cosechado por las jugadoras de fútbol femenino australiano, las famosas "Matildas", en los Juegos Olímpicos de Atenas 2004 y las expectativas que su equipo sub-19 originó en el mundial del mismo año. Esta notoriedad la circunscribimos en el contexto de un experimento realizado precisamente en el fútbol femenino australiano amateur por Hoare y Warr en el año 2000. Estos autores seleccionaron, en base a criterios puramente cineantropométricos, fisiológicos y técnicos, un número suficiente de mujeres entre 15 y 19 años para formar un equipo de fútbol, ninguna de ellas con experiencia previa en este deporte. Esta escuadra empezó como un equipo reserva en la liga estatal, y en el plazo de una temporada solamente, 10 jugadoras ya fueron elegidas en el equipo ideal de la región donde jugaban, e incluso, dos de ellas fueron seleccionadas para formar parte del equipo estatal en la competición nacional. Nos sorprende, dado el éxito del experimento, que no se haya aplicado a otras modalidades o categorías deportivas, pues parece demostrar claramente que, entre otras, las variables cineantropométricas son importantes, por lo menos, en la detección y selección de talentos deportivos. Por tanto, podríamos concluir que la cineantropometría en el deporte ha fenecido de éxito. Sin embargo, como mostraremos a lo largo de este capítulo, esta afirmación está muy lejos de la realidad, y todavía queda mucho margen para investigar y desarrollar esta ciencia en el ámbito del deporte.

En este capítulo analizamos una serie de modalidades deportivas de manera individualizada. Conceptualmente estructuramos cada deporte en varias secciones principales: primero exponemos una descripción teórica del deportista de alto rendimiento "ideal" desde el punto de vista cineantropométrico, en función de las características biomecánicas y fisiológicas del deporte correspondiente, si bien como ya explicaremos, este "morfotipo idóneo" tiene una especial importancia en la selección y detección de talentos, y no tanto en el entrenamiento de un atleta de elite.

Posteriormente pasamos a los aspectos más prácticos, describiendo aquellas peculiaridades cineantropométricas que se han definido comunes a los campeones más representativos de sus correspondientes deportes, sean o no compatibles con el morfotipo teórico ideal descrito. Asimismo, incidiremos en aquellas variables cineantropométricas que por su influencia en el rendimiento óptimo de cada deportista deberían citarse en la bibliografía y ser objeto de análisis exhaustivo por parte de los responsables sanitarios correspondientes, magnitudes que muchas de ellas aparecían ya citadas en las primeras investigaciones que se realizaban, abandonándose su referencia en los últimos años sin razón aparente (salvo quizá por el hecho de que son conocidas para los facultativos especializados); sin embargo, se mencionarán en esta obra precisamente por el carácter divulgativo de la misma, lo que implícitamente manifiesta que no son importantes exclusivamente para los médicos ligados al deporte.

Finalmente analizamos las variables cineantropométricas que se pueden modificar con mayor facilidad, por tanto sometidas a una menor carga genética. Su comprensión nos permitirá transformar la morfología del deportista de élite buscando su máximo rendimiento en competición.

* Bibliografía no especificada (véase apartado 11.2).

Apoyamos la idea general que considera que un morfotipo ideal no es por sí solo un factor que explique enteramente el éxito deportivo; se necesitan la conjunción de elementos constitucionales o genéticos, fundamentalmente, seguidos de aquellos ligados al entrenamiento, factores psicológicos, biomecánicos, fisiológicos, ambientales y el contexto socioeconómico y cultural adecuado para practicar un deporte específico en el seno de una sociedad o colectividad determinada. Para la práctica del deporte de alto rendimiento tener un morfotipo muy alejado del ideal no impediría llegar a ser un atleta de élite, si bien sería un *handicap* muy importante para lograrlo. El progreso en el rendimiento se traducirá en cambios cineantropométricos y de composición corporal que afectarán y transformarán el somatotipo, la morfología y la composición corporal.

La práctica de ciertos deportes podría, a priori, ser incompatible con determinadas variables cineantropométricas. Aquellos que exigen gran movilidad, al tiempo de una resistencia cardiovascular ligada a esfuerzos anaeróbicos intermitentes prolongados, serían inconciliables con una altura excesiva (>200 cm), porque esta dificulta las traslaciones rápidas y ágiles en el espacio. Los límites extremos del rango de cada uno de los factores cineantropométricos serían determinantes en función de cada uno de los deportes en particular. Por ejemplo, una altura extrema es esencial para el baloncesto (pívots); mientras que los gimnastas se benefician de una talla baja, porque aparte de favorecer el control muscular potenciando los reflejos, tendrían ventaja en las fases de aceleración de carrera, sobre todo cuando se combinan con cambios de dirección.

Es imprescindible resaltar, antes de empezar un análisis pormenorizado de los diferentes deportes, que abogamos por el estudio bilateral de los atletas, y deberíamos empezar a abandonar el concepto de considerar el lado derecho del deportista como representativo de todo su cuerpo. Las razones son evidentes, pero baste señalar como ejemplo cuál sería la utilidad de analizar el perfil derecho en un esgrimista zurdo, amén de las diferencias que ya se han encontrado en varios deportes, y que han sido descritas en publicaciones científicas (tenis, béisbol, etc.). El examen del hemicuerpo izquierdo es más importante aún en los atletas jóvenes, porque las características propias de la fisiología del crecimiento durante la pubertad repercuten en una maduración biológica tardía de los individuos zurdos, existiendo por tanto una íntima relación entre la dominancia izquierda de una persona con el retraso en el desarrollo de la maduración física, lo que podría explicar en cierta medida el predominio de los atletas diestros en el deporte, proporcionalmente mayor que el porcentaje presente en la población general. Durante el proceso de selección de talentos, el correspondiente cuerpo técnico tiende a elegir los deportistas más altos y fuertes, centrándose en la edad cronológica, sin tener en cuenta la biológica, favoreciendo la elección de sujetos diestros porque se desarrollarían con mayor precocidad. Además, existen diferencias entre ambos lados del cuerpo relacionadas con una mayor incidencia y facilidad para sufrir determinadas lesiones del aparato locomotor.

El género es asimismo muy importante. Las deportistas de alto rendimiento tienen siempre una distribución de grasa ginoide, independientemente de su nivel competitivo y del deporte que realicen, mientras que la distribución de tejido adiposo en el hombre es más variable.

Las condiciones socioculturales también influyen poderosamente; por ejemplo, se ha comprobado que los atletas americanos de etnia negra tienen una densidad ósea mayor, lo que biomecánicamente les da una ventaja competitiva en todos aquellos deportes donde los miembros ejerzan una acción como brazo de palanca; y esta característica, por otra parte, les permite mayor resistencia a las fuerzas de tracción originadas, favoreciendo el desarrollo de su masa muscular. Asimismo, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los deportistas de ambas etnias en el sumatorio y grosor de pliegues cutáneos subescapular, abdominal, supraespinal y anterior del muslo, sin afectar, empero, el porcentaje graso, que se traduce en una distribución central más pronunciada en la población negra.

La disposición del baricentro o centro de gravedad en la práctica deportiva tiene una trascendencia capital, porque la biomecánica de la mayor parte de los gestos técnicos requiere una gran estabilidad del cuerpo en el espacio. Esta es la razón que explica la importancia de la talla, talla sentado y de su cociente, que nos permite conocer la relación entre las longitudes del tronco y miembros inferiores. En función de los diferentes deportes y sus exigencias físicas, la optimización morfológica del atleta dentro de su modalidad correspondiente es específica, diferente y particular de cada uno de ellos. Medimos las alturas, longitudes, pliegues cutáneos, diámetros y perímetros de cabeza, cuello, tronco y miembros; analizando

preferentemente aquellas variables cineantropométricas vinculadas con el rendimiento y/o éxito deportivo. Esta optimización morfológica está avalada y fundamentada por estudios isocinéticos que demuestran una correlación directamente proporcional entre los pliegues cutáneos y perímetros de cada una de las secciones propias de las extremidades, con la fuerza muscular que son capaces de desarrollar cada uno de estos segmentos corporales mencionados.

La composición corporal interviene decisivamente en el rendimiento, y esta condición hace imprescindible su análisis fraccionado. Hemos elegido dividir al deportista según el método cineantropométrico que disocia el cuerpo humano en cuatro componentes básicos: masa grasa, muscular, ósea y peso residual; y en cada uno de los deportes individualmente razonaremos cuáles son importantes para el éxito deportivo. Concurren varias razones para descomponerlos de este modo que mencionaremos a continuación; pero entre las más importantes encontramos, por un lado, la unívoca, significativa y ampliamente demostrada relación, directamente proporcional, entre masa muscular y masa ósea; conjuntamente con otras reciprocidades entre masa grasa y porcentaje de grasa; o masa grasa, masa ósea y masa muscular, muy particulares solamente en determinados deportes, y que como hemos mencionado veremos en sus apartados correspondientes; por otra parte, la trascendencia que los estudios longitudinales han otorgado a la correcta combinación de porcentaje graso, muscular y óseo para conseguir el máximo rendimiento en la mayoría de los deportes, que además curiosamente, no suele coincidir con el rango extremo descrito para uno o varios de los componentes por separado.

La edad determina la composición corporal, marcando diferencias sobre todo entre los deportistas adolescentes y adultos de alto rendimiento. Las hormonas sexuales, en el periodo de adolescencia tardía, incrementan la masa magra (fundamentalmente a costa del sistema musculoesquelético), al tiempo que dificultan el depósito desproporcionado de tejido adiposo. En muchos deportes, el entrenamiento sistemático inherente no puede compensar el aumento de masa grasa que induce la pubertad en atletas femeninas adolescentes, factor que hay que tener muy en cuenta en la selección y detección de talentos, sobre todo en deportes de predominio aeróbico, y en las exigencias de resultados a estas edades. La fisiología del sistema hormonal no solo influye durante la pubertad. Los deportistas adultos están sometidos a condicionantes económicos y socioculturales que afectan la regulación homeostática del organismo, influyendo en su rendimiento. Estudios realizados en Estados Unidos(*) han demostrado que su población negra tiene elevados niveles plasmáticos de hormona del crecimiento y 17-β estradiol, que favorecen el aumento de masa ósea y el depósito central de grasa, sobre todo a nivel de la región subescapular, traduciéndose en diferencias de masa y porcentaje graso, así como en el grosor de los pliegues cutáneos subescapular, axilar, pectoral, supraespinal, abdominal, tricipital y anterior de muslo. Esta diversidad entre etnia negra y el resto no se ha encontrado fuera de la circunscripción geográfica mencionada, o bien no se ha estudiado.

Los estándares de peso corporal deben basarse en el morfotipo de cada uno de los deportistas individualizadamente. Una vez conocida su composición corporal, la medida de masa magra se utilizará para establecer el peso del atleta en función de un porcentaje graso seleccionado y establecido previamente, a lo que idealmente añadiríamos una proporción muscular y ósea. Esto es fundamental en los deportes clasificados por categoría de peso, pues podemos encontrar que los atletas más jóvenes al crecer y evolucionar no pueden competir en la clase donde previamente participaban o sobresalían. En estos casos debemos evitar la tentación de empeñarnos por todos los medios en intentar bajar al sujeto a su peso anterior, porque suele afectar negativamente su rendimiento en la mayoría de los casos; centrando su preparación en el progreso deportivo acorde a su nueva morfología. El porcentaje idóneo en las diferentes etapas de una vida deportiva, de cada una o varias de las fracciones de la composición corporal, debe considerarse como la media de un rango que sigue una distribución de Gauss, porque el máximo rendimiento de un deportista puede no coincidir necesariamente con un valor exacto, sino que fluctúa en un estrecho margen, en función de la influencia que los distintos factores dependientes de género, edad o deporte correspondiente pueden ejercer sobre las variables cineantropométricas. En los deportes clasificados por peso, o en aquellos donde la estética es un factor determinante en el éxito deportivo, porque condiciona las puntuaciones otorgadas por los jueces, se producen reducciones con dietas muy severas y altos grados de deshidratación, práctica muy común pero muy contraproducente, pues se ha comprobado un efecto negativo en el metabolismo corporal al restringir drásticamente la energía consumida en forma de calorías. Independientemente de que el interés del cuerpo técnico sea reducir el peso de un deportista o promoverlo a una categoría superior, buscaremos siempre en la medida de lo posible, disminuir el porcentaje graso al tiempo que aumentamos la masa muscular.

(*) Bibliografía no especificada (véase apartado 11.2).

Queremos llamar la atención, abriendo un espacio para la autocrítica hacia los países más desarrollados, por la incapacidad demostrada por sus profesionales sanitarios, aún hoy en día y sobre todo en los ya mencionados deportes clasificados por peso, para conseguir una pérdida del mismo de forma ordenada, y no de una manera abrupta, poco antes de una competición.

Carter ha establecido unos valores de porcentaje graso en deportistas olímpicos (1984)(*) que oscilan entre un 5-7% en hombres y un 9-11% en mujeres; desgraciadamente, no existen suficientes estudios para establecer la proporción idónea de masa grasa, masa muscular y masa ósea en cada uno de ellos. En deportes donde existe un desplazamiento del cuerpo en el espacio, principalmente si es en contra de la gravedad, el porcentaje graso tiene una relación inversamente proporcional con el éxito deportivo. Los de resistencia, y aquellos donde predominan las acciones técnicas en las que intervienen los factores de velocidad, agilidad, estabilidad y salto, requieren un control muy preciso de la masa grasa, porque su exceso supondrá un peso inútil que reduce el rendimiento. En las modalidades deportivas donde predominan la fuerza y la potencia, la preocupación debe centrarse en el porcentaje muscular, en función de la relación demostrada entre la fuerza muscular de miembros superiores y el perímetro de muñeca, consecuencia de la adaptación biomecánica a la metodología universalmente aceptada y aplicada en entrenamientos de fuerza. En función de la importancia de las distintas fracciones corporales, el personal técnico y sanitario debe revisar minuciosamente a lo largo de una temporada, tanto puntual como periódicamente, los cambios que se producen por los distintos métodos de entrenamiento, para evaluar, optimizando, la preparación físico-técnica del deportista; con el objetivo de conseguir el máximo rendimiento tanto en las competiciones seleccionadas como más importantes, al igual que en la evolución deportiva a más largo plazo del atleta de alto rendimiento. La transformación a lo largo de una temporada suele coincidir con una reducción del porcentaje graso acompañado de un aumento del magro, con especial incidencia en varones. Las razones aducidas son fisiológicas y de orden ontogénico, con una menor respuesta lipolítica al entrenamiento de la mujer, basada en un concepto evolutivo de conservación, ya que la función reproductiva en ella está íntimamente ligada al tejido adiposo; mientras que en el varón se ha demostrado una mayor sensibilidad a la lipólisis de las células adiposas abdominales frente a las de la región glútea y femoral en mujeres. El problema más acuciante en la actualidad es dar respuesta a la fórmula ideal para determinar el porcentaje graso en deportistas de alto rendimiento. Conjeturamos que tal fórmula no existe; sería específica para cada deporte. La solución a este conflicto la encontramos en investigaciones(*) (realizadas con instrumentos isocinéticos, que han destacado una relación entre la fuerza por un lado y los pliegues cutáneos y perímetros por otro, en función de los distintos segmentos corporales. En cada apartado, como describiremos las variables cineantropométricas con mayor influencia en el rendimiento deportivo, únicamente habría que buscar aquellas expresiones que contuviesen estos factores, aunque debemos señalar que en la mayoría de los deportes la fórmula más precisa está aún por determinar. Asimismo, otro de los problemas que debe enfrentar el atleta y su entorno técnico es el de cómo evitar el sobreentrenamiento. Cineantropométricamente se presenta como una disminución del peso, sin razón justificada, que se traduce en la pérdida simultánea de los porcentajes y de las masas grasa y muscular; aspectos acreditados por estudios fisiológicos de laboratorio tanto cruzados como paralelos.

El somatotipo está íntimamente relacionado con la excelencia en determinados deportes, y coincide en la mayoría de los deportistas de alto rendimiento con una mesomorfia elevada y baja endomorfia, siendo la ectomorfia el componente menos determinante. Existe mayor homogeneidad en varones, con predominio mesomórfico por el mayor desarrollo de la masa muscular durante la pubertad; mientras que las mujeres son más endomórficas por el acúmulo de tejido adiposo, lo que determina que en ellas la mesomorfia sea un factor de éxito.

Cuando citemos alguna relación entre las variables cineantropométricas, de composición corporal y somatotipo con el éxito o rendimiento deportivo, diferenciaremos aquellas que son estadísticamente significativas. La causa de aludir a índices y correlaciones que no tienen significación desde el punto de vista estadístico, viene determinada porque este hecho no presupone que por sí mismas no puedan ser determinantes para el éxito deportivo, sobre todo en modalidades donde la diferencia entre los campeones dependen de unidades muy pequeñas de espacio o tiempo. La ordenación de las mismas está en función de la optimización del rendimiento, y se representan en sus correspondientes distribuciones gráficas.

(*) Bibliografía no especificada (véase apartado 11.2).

Estas distribuciones no son uniformes a lo largo del tiempo, sino que dependen de los cambios globales de índole socioeconómica y cultural que acontecen; por tanto, cuando sea relevante, mencionaremos la evolución temporal de las variables cineantropométricas correspondientes, siguiendo el concepto de optimización establecido por Carter.

La cineantropometría no puede dejar de lado la fisiología del deporte como venía ocurriendo en los últimos años, pues su relación es más estrecha de lo que se consideraba. El consumo y consumo máximo de oxígeno, los cambios en el porcentaje relativo y absoluto del consumo de oxígeno o el porcentaje y la reserva de la frecuencia cardiaca, se han definido tradicionalmente como los factores que mejor determinan el éxito deportivo. Estudios recientes(*) contradicen esta aseveración, al demostrar que las variables anteriores no se modificarían a lo largo de una temporada con el entrenamiento, sobre todo en los deportes de predominio o subordinación anaeróbica, circunscribiendo su efectividad a la evaluación de un deportista de alto rendimiento en un contexto temporoespacial concreto, y no a su evolución a lo largo del tiempo. El entrenamiento aeróbico produce cambios en el morfotipo, disminuye el porcentaje graso y aumenta el magro a costa de la masa muscular, y este proceso incrementa el VO_2max. Una vez determinados los somatotipos implicados en el rendimiento y éxito deportivo, los relacionamos con los parámetros fisiológicos de consumo de oxígeno máximo y umbral de lactato, expresado en porcentaje de VO_2max., que nos establecen la economía de esfuerzo, bien como la tolerancia al mismo o siendo una representación de ese consumo de VO_2max., que a su vez refleja anatómica e histológicamente una proporción concreta de fibras musculares ST (*slow twitch* o lentas) y FT (*fast twitch* o rápidas), diferente en los deportes de resistencia y en los deportes de fuerza cortos y explosivos. Otro problema que plantean las mediciones fisiológicas es su dificultad para incorporarlas a una batería de pruebas de seguimiento con periodicidades muy cortas, así como la controversia que ha surgido, en los últimos años, entre el consumo de oxígeno y los niveles plasmáticos de ácido láctico como medidas determinantes para evaluar la adaptación del músculo al entrenamiento. No podemos olvidar la relación directamente proporcional que existe entre talla y porcentaje de grasa con el volumen expiratorio de reserva pulmonar, comprobándose cómo la distribución central de tejido adiposo produce un acúmulo de grasa torácica e intraabdominal, que a su vez origina una presión sobre el diafragma, disminuyendo el recorrido de la fase final de la expiración, afectando el intercambio de gases y, finalmente, el consumo de oxígeno.

Teóricamente, un efecto similar se ha descrito para los deportes de fuerza, aunque en menor medida, donde el desarrollo de la musculatura torácica ejercería un efecto análogo al del depósito de masa grasa. Los deportes de equipo que se juegan en superficies de amplias dimensiones requieren una combinación de potencia y unos valores de consumo de oxígeno que los aproximan a los corredores de media o larga distancia en parámetros fisiológicos, mientras que los que se practican en superficies de dimensiones reducidas son de características fundamentalmente anaeróbicas. En estos últimos, la recuperación muscular depende en gran medida de los niveles de fosfato de creatina, que a su vez están subordinados al nivel de consumo de oxígeno máximo, por tanto, aunque la mayoría de estos deportes son de naturaleza básicamente anaeróbica, es necesario realizar en ellos un entrenamiento base de tipo aeróbico. Esta afirmación parece ser válida también para los deportes individuales de predominio anaeróbico.

La incidencia y prevalencia de patologías deportivas son un factor muy determinante del éxito, sin ninguna duda. En general, podemos decir que las lesiones articulares de miembro inferior están relacionadas con un somatotipo de predominio endomórfico y/o mesomórfico; frente a aquellos deportistas donde predomina el componente ectomórfico. Este concepto es más relevante en mujeres.

No hemos entrado en detalle en la relación de la cineantropometría con la biomecánica, porque la analizaremos al describir los correspondientes deportes. Sin embargo, mencionaremos una característica común a los deportes individuales de contacto y a los colectivos sometidos a contacto físico, donde los deportistas aparte del entrenamiento de fuerza, deben adquirir unas destrezas técnicas que les permitan aprovechar las fuerzas de aceleración y deceleración; además de sus correspondientes momentos de inercia, para obtener una ventaja competitiva.

(*) Bibliografía no especificada (véase apartado 11.2).

El aspecto psicológico tampoco escapa a la influencia recíproca con la cineantropometría. Investigaciones(*) en el campo de la psicología deportiva han demostrado una relación directamente proporcional entre la aptitud para el deporte, descrita en función de variables de actitud, y somatotipos con altos porcentajes de masa muscular y ósea, y bajos porcentajes grasos (relación propia de los deportes de equipo, de la gimnasia, etc.). La excepción aparece en natación, donde precisamente los atletas con mayores índices de masa grasa son los que muestran una mayor aptitud, pero exclusivamente en varones.

Finalmente advertir que hay atletas de alto rendimiento en todos los deportes que son excepciones a estas generalidades. Es responsabilidad del personal médico poner los medios disponibles necesarios para descubrirlos, y asesorar una preparación diferente al resto de los integrantes del equipo, evitando el mal común de empecinarse en incluirlos en los estándares específicos descritos para el deporte en cuestión.

11.2. Clasificación y características especiales de los deportes olímpicos de verano

Los deportes los expondremos a continuación por orden alfabético y cada uno de ellos en sus respectivas modalidades deportivas, siguiendo la clasificación establecida por el Comité Olímpico Internacional (COI). Por motivos editoriales y dado su gran volumen, ha sido imposible citar según las normas Vancouver, toda la bibliografía consultada, de tal modo que se ha decidido, con el fin de proporcionar una mejor conducción en la búsqueda y comprensión por los lectores, disponerla por orden alfabético al final de este capítulo facilitando el manejo y su uso más prácticos. No obstante, aunque se mencione al final del mismo, dicha bibliografía es aludida en las tablas de medidas cineantropométricas, que para cada deporte en particular, aparecen en el Anexo III, al final del libro; así, los aspectos más relevantes vienen mencionados bien directamente en el texto, o los podemos encontrar como referencias indirectas asociadas en las tablas anteriormente mencionadas.

11.2.1. Atletismo

En atletismo existe relación entre la altura y el peso por un lado y las demandas fisiológicas o biomecánicas de las diferentes modalidades deportivas por otro, aunque en la mayoría de los casos estas correspondencias no son estadísticamente significativas. Esto implica que si bien no las podemos considerar variables determinantes del rendimiento per se, sí parecen ser prerrequisitos imprescindibles para el éxito deportivo.

La disposición regional del tejido adiposo, que estudiamos mediante los pliegues cutáneos, nos permite diferenciar subgrupos de atletas masculinos. Así, cuando el pliegue anterior del muslo es mayor que el abdominal, existe una tendencia a la distribución periférica o ginoide de grasa, siendo ejemplo de esta localización los corredores de media distancia (800 m y 1500 m), saltadores de longitud y triple salto, marchadores y lanzadores de jabalina. Los atletas que tienen un pliegue de abdomen mayor que el del muslo tienen tendencia a una distribución central o androide y corresponden a los lanzadores de martillo, peso y disco (por tanto, esta disposición hace de los lanzadores de jabalina un subgrupo especial y diferente al resto de los lanzadores). La distribución ginoide es el patrón característico y constante de las atletas del sexo femenino.

El atletismo en general, y sobre todo ciertas modalidades en particular, exige un control exhaustivo y un ajuste continuo del porcentaje graso, aumentando su importancia a medida que se alarga la distancia de carrera, siendo incluso más trascendente que el control del peso corporal. El exceso de grasa es un peso no útil que soporta el sujeto durante la fase de desplazamiento horizontal de carrera que afecta, por tanto, negativamente a su rendimiento de manera directamente proporcional, a medida que aumenta el trayecto recorrido. La reciprocidad entre el porcentaje graso y el rendimiento deportivo no es lineal, pequeñas reducciones del porcentaje graso aumentan considerablemente el rendimiento deportivo. El bajo depósito de masa grasa en atletismo es producto de los programas de entrenamiento, que en general exigen unas demandas metabólicas muy elevadas. El porcentaje de grasa descrito en la bibliografía muestra valores inferiores en hombres frente a mujeres.

(*) Bibliografía no especificada (véase apartado 11.2).

Estas diferencias de género son consecuencia de factores ontogénicos y evolutivos que marcan los contrastes entre unos y otras; y se ha podido demostrar mediante el análisis del rendimiento deportivo por medio de pruebas de esfuerzo en tapiz rodante. Una atleta con unas características cineantropométricas y fisiológicas determinadas, se elegía como modelo de referencia; y posteriormente se buscaba un deportista del sexo masculino equivalente en morfotipo, propiedades fisiológicas y rendimiento deportivo, al que se añadía en el tronco el peso adicional que se corresponde con la anatomía propia de la mujer, distribuido siguiendo el esquema somático del modelo femenino escogido como referencia, siendo este sobrepeso extra la única diferencia entre ambos. Los resultados obtenidos fueron concluyentes, porque este peso extra era precisamente el que incrementaba el gasto metabólico durante el periodo de ejercicio submáximo, originando un descenso del consumo de oxígeno; confirmando, por tanto, que la diferencia de rendimiento entre atletas de distinto género era consecuencia del depósito y, sobre todo, de la distribución de tejido adiposo, y no tanto del somatotipo; teoría que se había postulado y defendido con anterioridad.

Sorprende la falta de estudios en atletismo que analicen el porcentaje óseo, sobre todo en mujeres, pues se ha comprobado una pérdida de masa ósea en deportistas de alto rendimiento sometidas a esfuerzos intensos, en forma de distintos grados de osteopenia, lo que se agrava en aquellas atletas que presentan periodos de amenorrea durante su vida deportiva, en las que incluso se ha llegado a describir estructuras óseas muy parecidas a las de mujeres posmenopáusicas osteoporóticas; con el peligro real de originar cuadros de osteoporosis muy graves cuando estas mujeres alcancen la menopausia en un futuro. La explicación a este fenómeno la encontramos estudiando el metabolismo de las hormonas sexuales, pues existe una relación directamente proporcional entre las concentraciones plasmáticas de estrógenos y el porcentaje óseo.

El somatotipo más frecuente que encontramos en atletismo es endomesomórfico, dentro de un rango que comprende desde los endomesomorfos hasta los mesoectomorfos, pasando por los ectomesomorfos. El paso de la mesomorfia a la ectomorfia ocurre en el tránsito de los morfotipos desde las pruebas de velocidad (400 m) hasta las de mediofondo (800 m). La localización del baricentro modifica el rendimiento deportivo en aquellas modalidades donde intervienen factores dependientes de la fuerza y la habilidad técnica y, en estas, la ectomorfia adquiere una importancia mayor de la que suele tener en el deporte en general y en las otras modalidades de atletismo en particular. Esto es debido a que el éxito deportivo depende de la estabilidad corporal, que requiere mantener el centro de gravedad lo más bajo posible.

Existe cierto dimorfismo sexual cuando consideramos las mujeres atletas en conjunto. Estas tienen mayor talla, masa muscular y ectomorfia, al tiempo que menos masa grasa, cuando las comparamos con la población de referencia para su edad y sexo. Las variables cineantropométricas responsables del rendimiento deportivo en mujeres serían: la talla sentado, la longitud de pierna, el peso y la masa grasa.

Los atletas de categoría júnior son cineantropométricamente muy similares a sus correspondientes modelos senior, por tanto, en la detección y selección de talentos buscaríamos estas características desde edades muy tempranas. La única diferencia aparece en las deportistas juveniles, donde estudios realizados en tests específicos de pruebas de esfuerzo muestran una relación entre el metabolismo anaeróbico y la masa muscular, generando diferencias muy significativas entre velocistas y corredoras de media distancia, basadas en la menor masa grasa y mayor masa muscular (1-6 kg) de las primeras. La detección y selección de talentos debería otorgar mayor importancia a los factores cineantropométricos, pues numerosos estudios han demostrado una diferencia de género en atletas de categoría júnior que luego no se mantiene cuando se desarrollan y alcanzan la madurez deportiva, y que determinan un mayor éxito deportivo a estas edades.

Las diferencias cineantropométricas anteriormente descritas implican que los deportistas de género masculino deberían tener unos programas de entrenamiento diferentes a las mujeres atletas.

Las lesiones articulares de miembro inferior estarían relacionadas con un somatotipo de predominio mesomórfico en el que encontramos valores de mesomorfia y endomorfia muy elevados, morfotipo más determinante en mujeres. La ectomorfia sería un factor de prevención en la etiología de las patologías osteoarticulares.

La controversia en atletismo surge al revisar la extensa bibliografía que investiga la relación entre el consumo de oxígeno y el rendimiento deportivo, porque los índices de correlación de Pearson que encontramos tienen variaciones tan antagónicas que oscilan entre valores de 0,08 y 0,91. La importancia del consumo de oxígeno y su relación con el metabolismo ha sido ya comentada, y desde estas páginas no queremos minimizar la importancia que los parámetros fisiológicos tienen en los deportes de marcado carácter aeróbico; por tanto, opinamos que las divergencias surgen al aglutinar todas las modalidades deportivas, y no separar individualmente a los atletas, ya que las diferencias entre un corredor de maratón y un lanzador de peso por ejemplo, son muy evidentes.

Pruebas de pista

El seguimiento de las variables cineantropométricas nos muestran un patrón común en estos atletas a lo largo de la temporada, disminuye el porcentaje graso y aumenta la masa muscular y ósea, más evidentes en el sexo femenino y categoría júnior.

Velocidad: 100 m, 200 m y 400 m masculino y femenino; Relevos (4x100 m y 4x400 m masculino y femenino)

Las pruebas de velocidad requieren un metabolismo de predominio anaeróbico. El velocista, cineantropométricamente, sería un atleta ligero, con tronco y miembros cortos, fundamentalmente el inferior; mientras que presenta diámetros bicondíleos de fémur y perímetros de muslo y piernas grandes, que se traducen en una masa muscular y potencia de extremidades inferiores considerable. Desde el punto de vista de la composición corporal, tienen un porcentaje y masa grasa exiguos, una distribución regional de la misma traducida en un grosor de pliegues cutáneos y suma de los mismos, pequeños; predominando como consecuencia la musculatura. Estas características definen el morfotipo medio de estos atletas como ectomesomórfico.

La velocidad es una modalidad del atletismo que, en las distancias más cortas, se caracteriza por tener una fase de aceleración proporcionalmente más larga que la fase de carrera. La aceleración aumenta durante la salida en aquellos sujetos que presentan menor talla, porque se produce una relación entre la superficie corporal y su área de proyección frontal constante, de tal forma que mejora la aerodinámica, ofreciendo menor resistencia al aire que los atletas más altos. Así, es lógico que los corredores más bajos sean los de 100 m lisos. Los miembros inferiores cortos, sobre todo si se acompañan de potentes músculos extensores de cadera y glúteos, además ofrecen mayor estabilidad en la fase de aceleración al descender el centro de gravedad, que compensa la desventaja que estas longitudes tendrían en la fase de carrera, mayor número de zancadas por longitud recorrida que ocasiona, como contrapartida, un mayor gasto energético (un velocista de alto rendimiento tendría una cadencia de carrera de 4-5 zancadas por segundo), si bien ciertos autores defienden que este inconveniente no sería un factor excesivamente determinante en estas distancias.

La potencia muscular de las piernas convierte a los velocistas en los atletas con mayor masa muscular entre aquellos que no entran dentro de la categoría de deportes de fuerza. Lógicamente, las distancias de 200 m y 400 m requieren miembros inferiores más largos, porque la fase de carrera adquiere mayor importancia que la fase de aceleración. Si bien hemos descrito un morfotipo característico basado en miembros cortos, evidente en la extremidad inferior por las razones aducidas; la longitud de miembro superior concita mayores discrepancias, y no existe un consenso en el tamaño. Para algunos analistas unos brazos cortos ofrecerían menor resistencia al aire, mientras que otros postulan justo lo contrario al defender que una extremidad superior larga ofrece ventaja competitiva al desarrollar momentos de inercia mayores, y en este sentido el tamaño de la extremidad superior no sería relevante si se imprime una potencia de carrera suficiente con las piernas, lo que por otro lado explica la paradoja actual del éxito deportivo de un velocista como Usain Bolt, atípico por su alta talla.

Los corredores de 200 m y 400 m tendrían unas características cineantropométricas que se sitúan intermedias entre los velocistas y los corredores de media distancia. Exclusivamente los corredores masculinos de 400 m tienen una variable específica propia, que consiste en que durante los periodos de entrenamiento el perímetro de pierna es proporcionalmente mayor al de muslo, particularidad que se invierte al acercarse la competición y durante la misma, lógicamente consecuencia del entrenamiento.

El dimorfismo sexual se manifiesta en el diámetro biileocrestal y los pliegues cutáneos de tríceps, anterior de muslo y medial de pierna, significativamente más grandes en atletas femeninas; lo que curiosamente aproxima el porcentaje graso a deportistas marcadamente más endomórficas, como serían las jugadoras de baloncesto. Esto implica que en la actualidad existe un margen proporcionalmente más amplio de mejora en el rendimiento deportivo de las velocistas en comparación con los hombres.

Carreras de media y larga distancia: 800 m., 1500m, 5000 m, 10000 m masculino y femenino; 3000 m. Obstáculos masculino y femenino

Los corredores más competitivos en estas distancias son los habitantes subsaharianos del este de África. Estos deportistas se caracterizan por ser ligeros, con miembros inferiores proporcionalmente más largos que el tronco, hombros estrechos (diámetro biacromial corto) y un perímetro de brazo muy pequeño. Desde el punto de vista de la composición corporal se trata de sujetos de perfil bajo, es decir, con escasos porcentajes graso, muscular y óseo. Este morfotipo ha sido ampliamente estudiado al ser muy determinante en el éxito deportivo, por lo que la mayoría de los países escudriñan su población de referencia durante las fases más precoces del periodo de selección de sus talentos deportivos en busca de atletas que reproduzcan las características mencionadas.

El bajo peso es una ventaja competitiva porque se considera fundamental para optimizar el gasto energético.

La controversia surge en la talla. Por un lado, los atletas más altos obtendrían provecho de un menor costo energético por distancia recorrida; sin embargo, por otro lado, los corredores más bajos se benefician de un menor cociente superficie/peso, que aplicado a una masa muscular constante, favorece los procesos de termorregulación, y consecuentemente reducen también el gasto energético absoluto necesario para desplazarse en largas distancias, contrarrestando de esta forma el beneficio que teóricamente tienen los atletas de talla superior.

Un alto porcentaje graso supondría un gasto energético excesivamente elevado para las necesidades metabólicas de carrera. Una gran masa muscular es una desventaja en carreras de media y larga distancia, siendo esta rémora proporcional a la longitud recorrida. Los entrenamientos de resistencia muy extensos y prolongados, propios de este tipo de carreras, producen un aumento del metabolismo aeróbico, de la capacidad oxidativa del organismo, del consumo de oxígeno, del porcentaje de fibras tipo I, de la densidad capilar y de la actividad de las enzimas citrato sintetasa y succinato deshidrogenasa en la musculatura de las piernas, ocasionando una depleción local en la producción de ácido láctico y una reducción del metabolismo del glucógeno; todo ello se traduce en la ventaja competitiva que proporciona un porcentaje superior de $VO_2max.$; originando una mayor resistencia aeróbica antes de que el lactato empiece a acumularse en sangre. Estas características fisiológicas modifican la musculatura, afectando sobre todo a la potencia muscular más que a su rendimiento, o a una capacidad de desarrollar la fuerza máxima.

Factores de éxito en carreras de media y larga distancia

La talla, el peso, el porcentaje de grasa y la masa muscular se consideran variables cineantropométricas determinantes, por sí mismas, del rendimiento deportivo mediante relaciones estadísticamente significativas comunes tanto a los corredores de media como a los de larga distancia. En buena lógica, el perfil más bajo beneficiaría a los atletas de larga distancia y, sin embargo al analizar los deportistas más competitivos nos encontramos la incongruencia de que los corredores de media distancia presentan los valores más bajos de las variables mencionadas, contradicción que aumenta al comprobar que se trata de sujetos más mesomórficos. La incoherencia se acrecienta todavía más al comprobar como los atletas de larga distancia ni siquiera presentan mayoritariamente un somatotipo ectomórfico balanceado, que la teoría más ortodoxa, que basa sus postulados en el estudio del gasto energético aeróbico, preconiza como el somatotipo de elección para el éxito deportivo en esta distancia. Todas estas paradojas, a día de hoy, no han encontrado aún una explicación satisfactoria.

El porcentaje de grasa es la variable cineantropométrica que más influiría en el éxito deportivo en 800 m (exclusivamente en mujeres), 1500 m y 5000 m, seguida de la ectomorfia, pliegues cutáneos y perímetros, con una potencia de asociación similar a la que ejercen los parámetros fisiológicos que inter-

vienen en el metabolismo de la oxidación; mientras que el peso y la talla curiosamente contribuyen en escasa medida. Contradictoriamente, en los 3000 m obstáculos, el peso (94%) sería el factor más determinante.

En los 10000 m, la ectomorfia (85,6%) es la variable cineantropométrica más relevante. El grosor de los pliegues cutáneos (excepto el de bíceps) tiene en varones una relación inversamente proporcional y estadísticamente significativa con el rendimiento deportivo, mientras que la influencia de los diámetros y perímetros sería irrelevante. La talla tiene poca importancia, al igual que las masas muscular y ósea; pero hacemos notar como curiosidad que al revisar la bibliografía hemos encontrado muchos estudios donde estos atletas son incluso más bajos que los velocistas de 100 m, paradoja que tampoco encuentra ninguna explicación verosímil.

Género y carreras de media y larga distancia

En términos absolutos, los corredores de media distancia presentan valores superiores en todas las variables cineantropométricas (excepto altura ileoespinal y perímetros de muslo y pierna) y tienen menor masa grasa que las corredoras.

Masculino: los que más se asemejan entre sí de todo el grupo son los de 5000 m y los de 3000 m. obstáculos; ambos grupos se caracterizan por ser ligeros, de somatotipo ectomesomórfico y tener una gran capacidad aeróbica. Los corredores de 10000 m, por otro lado, son pequeños, ligeros, con pliegues cutáneos de bajo grosor y somatotipos ectomesomorfos y mesoectomorfos, donde el éxito deportivo vendría determinado por una elevada ectomorfia y una baja endomorfia (a igualdad del componente mesomórfico).

Femenino: las mujeres son proporcionalmente más altas que los varones. Las corredoras de 800 m, 1500 m y 10000 m tienen una talla que se sitúa intermedia entre las atletas de 100 m y 200 m; mientras que las féminas de 5000 m son las más bajas; por lo que nos vemos obligados a seguir introduciendo nuevas paradojas todavía irresolutas, en esta ocasión en el campo del atletismo femenino, sin que se hayan encontrado explicaciones plausibles al hecho de que las velocistas se encuentren entre las corredoras más altas. Ya dentro de la ortodoxia, el peso tiene una relación directamente proporcional con la distancia recorrida, por tanto las mediofondistas tienen una masa corporal intermedia entre las corredoras de maratón y las de velocidad. El somatotipo medio es ectomorfo balanceado.

Pruebas de Vallas: 110 m y 400 m masculinos y 100 m y 400 m femeninos

Las pruebas de vallas son una modalidad deportiva que ha suscitado poco interés entre los cineantropometristas porque son atletas muy similares a los corredores de 400 m. Las diferencias con estos últimos son estadísticamente significativas en el diámetro biacromial en mujeres, mientras que en varones las encontramos en la talla, la envergadura y los diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur. El análisis del somatotipo muestra asimismo una mayor mesomorfia y ectomorfia. En resumen, podemos concluir que estas divergencias hacen a los vallistas más altos, de mayor ectomorfia y longitud de extremidades más largas en hombres; con tronco más estrecho en mujeres.

Fundamentalmente se ha debatido en la bibliografía la altura que deberían tener estos deportistas porque, si bien biomecánicamente una talla elevada favorecería el paso de las vallas, esto solo ha demostrado ser estadísticamente significativo con respecto al éxito deportivo en las distancias más largas. Otro factor importante a tener en cuenta es la angulación del tronco al acometer el paso, responsable de crear un área de proyección frontal, que sería la causante del gasto energético en carrera.

Pruebas de campo

La característica común a todos los atletas, independientemente de la modalidad de campo, en términos generales, la encontramos en un dimorfismo sexual que radica en los menores diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur que presentan las mujeres.

Salto de longitud; Triple salto; Salto de altura y Salto con pértiga masculino y femenino

Los representantes del salto de pértiga son los sujetos que aglutinan en mayor medida las características cineantropométricas comunes que definirán al conjunto de todos los saltadores, independientemente de su modalidad deportiva. Son individuos altos, ligeros, de gran longitud de extremidad inferior, con una pierna proporcionalmente muy larga respecto al muslo, y un diámetro biileocrestal pequeño. La composición corporal se define por un porcentaje graso y un grosor y suma total de pliegues cutáneos bajos. El componente más relevante sería la masa muscular y, por tanto presentan valores muy elevados de aquellas variables cineantropométricas que traducen una masa muscular muy potente, especialmente las de miembros inferiores, que otorgan una ventaja competitiva en las fases de entrada, propulsión, despegue y rotación (o volteo sobre la barra). Curiosamente, se trata de deportistas con un gran desarrollo de la masa esquelética, incluso se encuentran entre aquellos atletas que presentan mayores porcentajes óseos, que si bien en principio sería un inconveniente al tener que elevar un peso mayor al realizar los saltos, sin embargo, es una característica muy repetida en todos ellos, siendo otra más de la muchas paradojas que aparecen en el atletismo y que todavía no han sido satisfactoriamente resueltas. El somatotipo predominante es ectomesomorfo, siendo un morfotipo que si bien no tiene una significación estadística, sí se ha demostrado que recurrentemente interviene favoreciendo el rendimiento, e incluso hay estudios que demuestran que esta variable aparece determinando el éxito deportivo desde edades tan tempranas como los 13 años, por tanto, este es el somatotipo de elección durante los procesos de selección y detección de talentos deportivos.

En el salto de longitud y altura encontramos también que el perímetro de pierna es proporcionalmente mayor que el de muslo durante el entrenamiento, mientras que esta relación se invierte cuando se aproxima la competición. Además, suelen mostrar un mayor predominio del componente ectomórfico del somatotipo, especialmente en los de altura.

Factores de éxito en las modalidades de salto

Los saltos en todas sus modalidades son un complejo conjunto de movimientos realizados en el espacio que originan vectores de dirección horizontal, vertical o mixta. Estas características de naturaleza biomecánica determinan un tipo de atletas caracterizados por un tronco proporcionalmente más pequeño que los miembros inferiores y una longitud de pierna mayor que la de muslo, porque así se consigue que el extremo distal del brazo de palanca esté lo más bajo posible, favoreciendo el salto; siempre y cuando la masa muscular tenga un desarrollo tal que sea capaz de generar la energía cinética necesaria para ejecutar el gesto técnico. Existe un dimorfismo sexual en los saltadores en general, estadísticamente significativo, marcado por menores diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, y mayor grosor de pliegues cutáneos y porcentaje graso en mujeres; si bien en términos absolutos los valores en féminas siempre son inferiores a los del sexo masculino en todas las variables cineantropométricas, definiendo atletas femeninas de perfil más bajo.

A continuación nos centraremos en algunas de las distintas modalidades de salto individualmente.

El salto de longitud, desde el punto de vista biomecánico, requiere una carrera muy rápida de inicio que permita una fuerte batida al acometer el salto, que realizará con el cuerpo en posición erguida y elevando el centro de gravedad al máximo para obtener una velocidad vertical inicial muy alta; y posteriormente, tras alcanzar el vértice de su parábola correspondiente, rápidamente flexionar tronco y piernas hacia adelante, intentando un efecto contrario, esto es, descender el centro de gravedad al mínimo antes de contactar con el suelo. En este tipo de salto, la velocidad de desplazamiento horizontal (que se consigue al final de la carrera previa a la batida) es más importante que la vertical (que depende de la acción de la gravedad y el área de proyección frontal del sujeto).

En función de estas características biomecánicas, las variables cineantropométricas que se han señalado como determinantes del éxito deportivo son la talla y la talla sentado, aunque en este tipo de salto se otorga una gran importancia a factores ambientales, en especial el emplazamiento donde se realiza la competición, porque muchos autores, al analizar el salto que en su momento proporcionó el record mundial a Bob Beamon en México, han dado una gran importancia a la menor resistencia al aire que acontece sobre el nivel del mar, incluso algunos de ellos se han atrevido a postular que sería en una proporción 1:1, es decir, cada metro sobre el nivel del mar supone un provecho de un centímetro en el salto, lo que implica que dos atletas cineantropométricamente iguales deben diferir en la localización de su centro de gravedad

para poder compensar esta desventaja (el baricentro de un sujeto a nivel del mar requeriría estar situado 2,72 cm más alto que otro individuo que compita a una distancia que coincida geográficamente con la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra Ciudad de México, DF).

Los JJOO de México (1968) marcan una revolución en la modalidad de salto, no solo por la hazaña de Beamon, sino porque Fosbury revolucionó el salto de altura con su peculiar técnica, que hizo postergar al olvido las que se utilizaban anteriormente. Este acontecimiento muestra el ejemplo más claro para comprender la interrelación entre la biomecánica y la cineantropometría, y demuestra que la evolución secular en la práctica de los deportes (y especialmente el carácter más o menos profesional de los mismos) implica fluctuaciones temporales en las variables cineantropométricas que definen a los atletas, sin descartar que en momentos puntuales, como es el acontecimiento que describimos, puedan desencadenarse transformaciones radicales en el morfotipo de los deportistas. Previamente a esta novedad se empleaba bien el método del salto límite, usada preferentemente por la antigua Unión Soviética y los países bajo su órbita de influencia, o el método de rodamiento o salto a horcajada, fundamentalmente utilizado por el resto de naciones. En ambos procedimientos, independientemente de la técnica aplicada, los saltadores necesitaban rotar el cuerpo y generar un momento angular necesario para sobrepasar la barra, lo que implicaba estirar la pierna libre de batida cuanto antes y mantener, durante la fase de rotación o giro esta pierna en una posición horizontal lo más próxima y paralela posible a la barra (para conseguir la máxima extensión de cadera); para ello se necesitaba una musculatura de brazos y una cadena extensora de miembros inferiores muy desarrollados. La altura no era una variable significativa, más bien era imprescindible buscar un somatotipo muy mesomórfico, porque la potencia muscular era el factor determinante del éxito deportivo, favoreciendo saltadores no excesivamente altos, incluso comparados con la talla estándar de la población general de referencia. La técnica Fosbury supuso un cambio substancial al permitir pasar la barra necesitando un momento angular menor, lo que obligó a modificar la técnica de salto en sus aspectos de coordinación, precisión y flexibilidad, y por tanto, las características cineantropométricas de los saltadores. A partir de ese momento, la talla pasó a ser una variable determinante para conseguir el éxito deportivo al reducir el espacio que separaba la altura de la barra del baricentro de despegue del saltador.

La excelencia deportiva en el salto de pértiga, desde el punto de vista biomecánico, depende en gran medida de la distancia a la que agarra el saltador la pértiga, en relación con la longitud total de la misma. Las variables cineantropométricas que favorecen el éxito en este deporte son: el peso, la talla, el diámetro biepicondíleo de húmero y el diámetro bicondíleo de fémur. La talla determinará de manera evidente la distancia de agarre, afectando además al ángulo que forman la pértiga y suelo durante la fase de despegue, que provocará el momento de inercia que origina la velocidad de recorrido de la pértiga durante la fase de vuelo. El resto de las variables, si bien han demostrado su significación, no tienen realmente una relación biomecánica tan trascendental que justifique la razón de su importancia en el rendimiento deportivo. Juzgamos importante que deberían introducirse en los futuros trabajos las variables cineantropométricas relacionadas con las medidas de muñeca y mano (que no hemos encontrado en la bibliografía consultada), porque probablemente modifiquen la primacía de los factores reseñados.

Lanzamiento de peso; Lanzamiento de martillo; Lanzamiento de disco y Lanzamiento de jabalina masculino y femenino

Las características cineantropométricas de los lanzadores vienen determinadas por su biomecánica. El brazo de palanca se forma a nivel de la articulación del codo durante el lanzamiento, lo que explica la gran longitud del diámetro biepicondíleo de húmero que encontramos en estos deportistas; salvo en aquellos que requieran de giro corporal, porque entonces el punto fijo de rotación de dicha palanca se encuentra localizado en la articulación del hombro.

Los lanzadores son altos, de mucha envergadura, hombros amplios y brazos de gran perímetro, consecuencia de una longitud total de miembro superior (brazo y antebrazo), y diámetros, tanto biacromial como biepicondíleo de húmero, proporcionalmente muy largos, pliegues cutáneos de tríceps y medial de pierna de escaso grosor, y perímetros de brazo comparativamente muy desarrollados; en contraposición con el escaso tamaño relativo de las variables cineantropométricas de cadera y pierna. Desde el punto de vista de la composición corporal destaca la gran proporción de masa muscular, así como el alto porcentaje graso. También encontramos en ellos, en estudios longitudinales realizados a lo largo de una temporada,

una relación variable entre los perímetros de pierna y muslo, predominando los primeros en los periodos de entrenamiento, y los segundos durante las competiciones.

La talla está relacionada con la trayectoria de lanzamiento en el sentido de que tienen una relación directamente proporcional a la longitud de extremidad superior, y este factor es precisamente el que les proporciona la ventaja biomecánica. El brazo de palanca, que forman las articulaciones correspondientes y los músculos que actúan sobre ellas, incrementa la fuerza y aceleración durante el movimiento de dicha palanca, lo que se traduce en un aumento de la velocidad de los objetos impulsados, longitud de miembro superior que cuando se asocia a un diámetro biacromial ancho favorece mucho la biomecánica del lanzamiento.

Estos atletas se caracterizan porque paradójicamente anulan la máxima general de todo deporte que establece que un bajo porcentaje de grasa favorece el rendimiento deportivo. La masa grasa, sobre todo cuando se deposita a nivel central, desciende la altura a la que se encuentra el centro de gravedad del lanzador, favoreciendo el equilibrio durante los giros que anteceden al lanzamiento del objeto, porque contrarresta el momento de inercia originado por las fuerzas centrífugas propias de la rotación del cuerpo. La masa muscular interviene en las fases de producción de los vectores de traslación que favorecen la proyección del elemento en cuestión, además de ayudar también en la estabilidad final. Esta masa muscular es significativamente diferente en tronco y extremidades, superior frente al de cadera y miembros inferiores, como demuestra la relación directamente proporcional y estadísticamente significativa que encontramos entre el rendimiento deportivo y los diámetros biacromial y biepicondíleo de húmero, ausente cuando analizamos los diámetros biileocrestal y condíleo de fémur. Reciprocidad que se altera en un tipo de lanzamiento exclusivamente, el de peso, donde la necesidad de incrementar la energía cinética a través del impulso aumenta la importancia de la extremidad inferior.

El morfotipo de la mujer es muy similar al del hombre. El dimorfismo sexual lo encontramos tanto en el menor tamaño de los diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, y mayor grosor de pliegues cutáneos y un porcentaje graso más alto, que permite conjeturar cierto margen de mejora en las lanzadoras para equiparase a las distancias alcanzadas por los hombres; como en el somatotipo, mesomórfico balanceado en varones y endomesomórficas las mujeres (sobre todo las lanzadoras de peso y disco).

Cineantropometría de las distintas modalidades de lanzamiento

La bibliografía publicada sobre lanzadores de jabalina es muy escasa. Describe morfotipos muy heterogéneos; no encontramos variables cineantropométricas específicas que determinen el rendimiento deportivo o que pudieran describir un morfotipo propio de estos lanzadores, y lo único que queda claro de esta revisión es que son atletas muy diferentes al resto de lanzadores. Reseñamos esta carencia porque se trata de un deporte que se vio en un momento dado afectado por un cambio de su reglamentación. Las jabalinas estaban alcanzando unas distancias que ponían en peligro la integridad física de jueces y espectadores, y por tanto se modificaron las características técnicas de las mismas, adelantando en 4 cm el centro de gravedad de la jabalina hacia la punta, al tiempo que se incrementaba el diámetro de la cola. Todo ello tuvo como consecuencia que el ángulo de salida se hiciera más agudo, disminuyendo la velocidad que adquiría durante su recorrido, efecto de una relación inversamente proporcional entre este ángulo y la velocidad de salida, alterando la parábola potencia-velocidad que se origina, y que tuvo como resultado final una menor longitud del lanzamiento.

Pruebas de Calle: Carreras de marcha (20 km masculino y femenino; 50 km masculino) y Maratón masculino y femenino

En marcha y maratón son aplicables los conceptos generales mencionados para las carreras de larga distancia. Particularmente en maratón, como en muchas de las modalidades del atletismo, los perímetros de pierna y muslo tienen la relación inversa previamente mencionada. Todo esto es debido a ciclos de entrenamiento muy similares, independientemente de la modalidad deportiva practicada; además, si bien es verdad que se benefician de una talla baja, en términos relativos, la altura es un factor de ventaja en los recorridos más planos y al contrario ocurre con los más sinuosos (factor que también depende de la climatología de carrera), por el efecto fisiológico de la termorregulación corporal. Por el contrario, llama la atención en marcha, el hecho de que son los atletas que presentan menor porcentaje muscular y mayor peso residual.

Las diferencias de género en maratón son insignificantes, a la vez que incongruentes. Estas discrepancias radican en un menor porcentaje de grasa, perímetro de muslo, perímetro de pierna y talla en féminas (en general tienen valores más bajos que los hombres en todas las variables cineantropométricas, si bien la disparidad es más acusada significativamente en talla y peso, son las más bajas y ligeras, y las únicas de entre todas las deportistas de alto rendimiento en la modalidad de atletismo, que se encuentran por debajo de la altura y peso de la población de referencia). Presentan mayor masa muscular, ectomorfia y mesomorfia en comparación con los varones. La primera paradoja aparece al analizar la preparación técnica de estos atletas. En hombres parte del éxito deportivo está determinado por la metodología del entrenamiento, en este sentido lógico por la ya mencionada importancia que tiene el metabolismo aeróbico, sin que se haya explicado satisfactoriamente por qué este origina efectos diferentes entre ellos. Otra contradicción que hemos observado aparece al conjugar los datos de pliegues cutáneos, perímetros y composición corporal. En términos relativos se ha demostrado una masa muscular bastante mayor en mujeres, que origina porcentajes musculares teóricamente demasiado altos para deportes de predominio aeróbico, lo que unido al menor porcentaje graso ha llevado a varios autores en los últimos años a defender que las mujeres atletas conseguirán reducir el record de tiempo obtenido por los hombres. En este contexto es donde permanece sin explicación razonable por qué las mujeres deportistas tienen un menor perímetro de pierna, al tiempo que comparativamente presentan mayor masa muscular; mientras que los atletas masculinos ostentan como una de las variables más significativas y constantes del rendimiento deportivo el menor perímetro de brazo, con menor masa muscular, mientras que el pliegue cutáneo de tríceps es significativamente más bajo en mujeres, y el de bíceps es similar en ambos.

Las marchadoras cineantropométricamente se asemejan mucho a las maratonianas. En marcha, el morfotipo de los varones es prácticamente igual al de las mujeres, y se caracterizan principalmente por su baja mesomorfia. El dimorfismo sexual lo encontramos en un grosor de pliegues cutáneos proporcionalmente mayores en muslo y pierna, permitiendo así a las féminas cierto margen de mejora para equipararse a los hombres en un futuro. Sin embargo, las paradojas y discrepancias mencionadas anteriormente para la modalidad de maratón, no se reproducen en la marcha, pese a ser atletas morfotípicamente muy similares.

La diferencia en función de la categoría profesional la determinan la talla y el porcentaje y masa grasa, menor en los marchadores de alto rendimiento, independientemente del género y la edad.

Pruebas combinadas: Decatlón masculino y Heptatlón femenino

Decatlón: Carreras de 200 m, 400 m, 1500 m y 110 m Vallas; Saltos de altura, pértiga y longitud; Lanzamiento de disco, peso y jabalina

El decatlón se considera el deporte más completo de todos y el más exigente dentro de la modalidad de atletismo, ya que incluye carreras, tanto de velocidad (100 m, 110 m vallas y 400 m), como de medio fondo (1500 m), saltos de altura, longitud y pértiga, y lanzamiento de jabalina, disco y peso. La mayoría de las pruebas que lo constituyen, cuando se examinan individualmente, son de naturaleza principalmente anaeróbica. Las modalidades que más puntúan para la nota final serían las carreras de velocidad y salto de longitud, mientras que las pruebas de menor valor serían la carrera de medio fondo y los lanzamientos de peso y disco.

El decatleta se asemeja al saltador de pértiga y al lanzador de jabalina, distanciándose del morfotipo clásico de los mediofondistas (1500 m) o los lanzadores de disco y peso. Las variables cineantropométricas que definen estos atletas son: longitudes de extremidad superior, antebrazo y muslo, diámetros biepicondíleo de húmero, biestiloideo, bicondíleo de fémur y antero-posterior de tórax y perímetros torácico-axilar, brazo y antebrazo proporcionalmente de gran tamaño, en contraposición con la longitud total de miembros inferiores, diámetros biileocrestal y condíleo de fémur y perímetros umbilical, cadera y muslo, donde ocurre todo lo contrario. Tienen un perfil de pliegues cutáneos bajo. La composición corporal es muy llamativa en este tipo de deportistas porque el acumulo de tejido graso es de distribución periférica, y por tanto de tipo ginoide, y aunque este depósito por sí mismo no es una variable determinante del éxito deportivo, si parece ser un prerrequisito de los decatletas de alto rendimiento. La masa muscular está muy desarrollada en general, siendo asimétrica en su distribución, muy prominente en la cadena cinética extensora, principalmente en los músculos de la espalda y extremidad superior; y más insustancial cuando

actúan la cadena flexora y los músculos isquiotibiales. El somatotipo medio es mesomorfo balanceado y ectomesomorfo; este último característico asimismo en las categorías júnior.

Heptatlón: Carreras de 200 m, 800 m y 100 m vallas; Saltos de altura y longitud; Lanzamiento de peso y jabalina

Las heptatletas son altas y ligeras, con un gran porcentaje óseo y alta ectomorfia.

11.2.2. Bádminton

Individual y dobles masculino y femenino. Dobles mixto

En los deportes de raqueta en general, cuando profundizamos en el estudio de sus deportistas de alto rendimiento prevalece el dominio de la técnica sobre el resto de los factores, incluyendo las variables cineantropométricas. El bádminton es un deporte de naturaleza intermitente con predominio anaeróbico que requiere indudablemente una resistencia física y, por tanto, cierto grado de entrenamiento aeróbico de base. Reconocemos la importancia capital de los factores neurofisiológicos, porque siendo un deporte eminentemente anaeróbico, el rendimiento deportivo no depende de las concentraciones plasmáticas de ácido láctico, sino de la frecuencia cardiaca (que implica la liberación de neurotransmisores).

Este deporte demanda estudios cineantropométricos más profusos de los que se pueden encontrar actualmente en la bibliografía, siendo imprescindible que sean de carácter bilateral porque la única variable que se ha descrito relacionada con el rendimiento deportivo es el perímetro de brazo, con la peculiaridad de que al conjugarlo con medidas isocinéticas de fuerza en extremidad superior, se han corroborado diferencias estadísticamente significativas entre el brazo dominante y el contralateral. Además, las medidas de mano serían fundamentales para ajustar la empuñadura de la raqueta a las características de agarre del atleta.

El jugador de bádminton debe ser un deportista con rápidos movimientos de miembro superior, por tanto, el morfotipo idóneo sería el de un atleta alto, con gran longitud de extremidad superior, sobre todo de antebrazo, que demanda diámetros y perímetros de brazo, antebrazo y muñeca elevados, para facilitar el efecto biomecánico de brazo de palanca que impulsaría la bola con mayor eficacia; mientras que el diámetro, en especial el biileocrestal requiere ser estrecho. El somatotipo predominante es ectomesomorfo.

11.2.3. Baloncesto (masculino y femenino)

El baloncesto es un deporte mixto, con una demanda proporcionalmente muy alta de metabolismo aeróbico para ser un deporte de equipo jugado en superficies reducidas. La bibliografía consultada muestra discrepancias entre los diferentes estudios en cuanto a la importancia del componente aeróbico y anaeróbico, mientras que algunos de ellos argumentan relación entre consumo de oxígeno y rendimiento deportivo, otros prueban la ineficacia de esta reciprocidad, e incluso recomiendan baterías de pruebas anaeróbicas tanto en la preparación física del jugador de alto rendimiento como en la selección de talentos. Se echa en falta en el contexto de este deporte estudios postentrenamiento y de esfuerzo con lactatos para medir la verdadera importancia del metabolismo anaeróbico. En resumen, podemos definir fisiológicamente el baloncesto como un deporte donde el metabolismo aeróbico suministraría la mayor parte de la energía requerida para aguantar un partido, mientras que el metabolismo anaeróbico serviría para realizar las acciones más exigentes del juego (por tanto predominante en la posición de pívot, en función de su menor movilidad durante el partido).

El baloncesto es un deporte de equipo con marcadas diferencias entre las distintas posiciones dentro de la cancha, y entre ellos destacan los pívots, por sus especiales características. Clasificaremos a los jugadores de baloncesto en bases, aleros y pívots.

Cineantropométricamente, los jugadores masculinos se caracterizan por ser deportistas muy altos, pesados, de tronco corto y estrecho, caderas anchas y miembros largos, especialmente de extremidad

inferior, y finalmente pliegues cutáneos estrechos, salvo los de muslo y pierna. Curiosamente, llama la atención que se trate de deportistas de hombros estrechos y talla sentado y envergadura escasas. Las jugadoras son muy similares a sus homólogos masculinos. Se diferencian de los varones en un menor porcentaje graso y menores perímetros de cadera y umbilical, estos últimos proporcionalmente más estrechos cuando los comparamos con la población de referencia correspondiente.

La talla es el factor cineantropométrico más importante y, sin embargo, aunque resulte paradójico, no es un deporte donde la talla sea una de las variables responsable del éxito deportivo de una manera estadísticamente significativa. Indudablemente lo es en la posición de pívot, pero no en bases y aleros. Tanto en términos absolutos como relativos son los deportistas más altos. Hasta tal punto es así, que existe una propuesta en la FIBA para aumentar la altura de la canasta por encima de los reglamentarios 3,05 m y el tamaño de la cancha de baloncesto.

La longitud de pierna es otra variable muy característica de este deporte. Esta es proporcionalmente mayor que la de muslo porque actúa como un brazo de palanca de apoyo distal o bajo, favoreciendo las acciones donde los saltos están involucrados, siempre y cuando los músculos extensores de la pierna tengan la fuerza suficiente para mover dicha palanca. Esto supone que la fuerza de extremidades inferiores es mayor comparada proporcionalmente con la de miembros superiores, lo que se traduce en diámetros y perímetros más grandes en esta región. Esta característica cineantropométrica, consecuencia de las necesidades biomecánicas del juego, explica la aparente paradoja de que jugadores de muy escasa talla hayan conseguido triunfar en el baloncesto de élite, y es esta peculiaridad la que evita precisamente que la talla sea una variable determinante del éxito deportivo.

La composición corporal del jugador de baloncesto varón expresa una mayor masa muscular, especialmente en miembros inferiores.

El somatotipo más frecuente es ectomesomorfo, aunque la inmensa mayoría de ellos se distribuyen en un área triangular de la somatocarta que abarca los somatotipos mesoectomorfos, ectomesomorfos, endomesomorfos y mesomorfos balanceados. El somatotipo del jugador de baloncesto es muy homogéneo, y tiene poca tendencia a la endomorfia; mientras que las mujeres presentan una gran heterogeneidad, con una inclinación mayor hacia la mesoendomorfia.

Cuando analizamos la categoría profesional encontramos que los jugadores júnior, tanto masculinos como femeninos, mimetizan el morfotipo de los jugadores senior, ya sea en conjunto o por su distribución en la cancha. Esto facilita mucho la detección y selección de talentos, que debe orientarse a encontrar en ellos las variables cineantropométricas más importantes previamente mencionadas. La única diferencia que encontramos se refiere a un mayor porcentaje graso en varones, mientras que en mujeres se reseñan la menor talla y peso; estadísticamente relevante cuando comparamos entre si jugadores de categorías júnior y senior.

Las lesiones en el baloncesto se supeditan a las características cineantropométricas de una manera estadísticamente significativa. La bilateralidad es especialmente importante en este deporte, y sobre todo en las extremidades inferiores. La incidencia de lesiones en la cadena muscular cinética extensora y ligamentos cruzados, sobre todo anterior, tiene una relación estadísticamente representativa con las disimetrías en miembros inferiores, expresadas como diferencias entre la longitud de pierna y el perímetro de muslo derecho e izquierdo. Por otro lado, se han encontrado mayores lesiones articulares asociadas al somatotipo mesomórfico balanceado en varones, y mesomórfico balanceado y endomesomórfico en mujeres.

Analizando las posiciones de los jugadores en la cancha encontramos:

Pívots: los pívots son los jugadores más altos y pesados en términos absolutos. Su juego de ataque y defensa requiere movimientos intensos de oposición y contacto con jugadores contrarios, bien para desplazarse o para mantener una posición espacial de ventaja en una sección de cancha muy pequeña; sin embargo, este sobrepeso, por otro lado, es un lastre que limita el salto y la velocidad de juego. Cineantropométricamente se caracterizan por longitudes, perímetros y una envergadura grandes. Proporcionalmente son los de porcentaje graso más elevado, mientras que en términos absolutos presentan la mayor masa muscular.

La posición más específica es la de pívot, con diferencias estadísticamente significativas del resto de las posiciones, en varones, para: talla, talla sentado, peso, longitud de extremidad superior, diámetro biileocrestal, perímetros torácico-axilar y umbilical, masa magra y mesomorfia (con una menor mesomorfia, incluso cuando presentan mayor masa magra); predominando los somatotipos ectomesomorfos, encontrando asimismo ectomorfos balanceados, endomesomorfos y endoectomorfos. Las diferencias en mujeres las encontramos principalmente en su mayor: talla, longitud de brazo, diámetro biileocrestal y porcentaje muscular.

Aleros: son jugadores en todos los sentidos intermedios entre los pívots y bases. En cuanto a la composición corporal tienden a parecerse a los bases. Su somatotipo predominante es ectomesomorfo, existiendo también mesomorfos balanceados, ectomorfos balanceados y endoectomorfos.

Entre estos deportistas solo las jugadoras de baloncesto tienen características especiales, porque son proporcionalmente más pesadas que las pívots. El mayor peso relativo es necesario porque están expuestas a un mayor número de contactos y a una mayor velocidad de juego, por lo que requieren una gran estabilidad tanto para jugar cerca del aro y luchar por capturar rebotes, como para mantener la estabilidad en la posición de tiro, si existe desplazamiento en el espacio, por oposición de un contrario.

Bases: el juego de los bases se caracteriza por movimientos de desplazamiento rápidos y constantes, agilidad y una gran potencia de salto. Esta movilidad se traduce en unas necesidades mayores del metabolismo aeróbico, característica aún más importante en el baloncesto femenino. Los bases son los jugadores más pequeños y ligeros y, a diferencia del resto de jugadores tiene una talla sentado notable porque su misión en el juego es trasladar, botando, la pelota en transiciones ofensivas y recuperar la posición en las defensivas. El tronco largo les ofrece gran estabilidad permitiendo mayor rapidez en las acciones del juego, mientras que los miembros inferiores cortos favorecen los movimientos técnicos producto de esa agilidad superior. Desde el punto de vista de la composición corporal, destacan principalmente por su bajo porcentaje graso y, además porque este porcentaje graso se caracteriza por ser inversamente proporcional a la velocidad de desplazamiento y también al control y velocidad de *dribbling*. El porcentaje muscular, sin embargo, es proporcionalmente el más elevado.

Factores de éxito

La talla influye mucho en el rendimiento deportivo, tanto en hombres como en mujeres, pero es más determinante en el sexo femenino. Las otras variables que ofrecen ventajas competitivas son: peso, altura ileoespinal, longitudes total de extremidad superior, brazo, antebrazo, muslo y pierna, pliegues cutáneos subescapular y tríceps, diámetro biepicondíleo de húmero y perímetros de brazo relajado y antebrazo; pero no influyen de la misma manera en hombres y en mujeres, por tanto las diferencias más significativas en hombres son: longitud de muslo, diámetro bicondíleo de fémur y mesomorfia; y en mujeres: talla, longitud de pierna, porcentaje de grasa, endomorfia y mesomorfia.

Estudios longitudinales

En el baloncesto masculino los estudios longitudinales realizados a lo largo de una temporada muestran una gran heterogeneidad en: pliegue cutáneo de bíceps, porcentaje graso y masa muscular; mientras que las variables cineantropométricas más homogéneas serían el peso y el pliegue subescapular. Estudios equivalentes en mujeres profesionales no muestran ninguna variación durante el periodo de competición. Cuando analizamos los estudios longitudinales por categoría profesional, las variaciones que hallamos son una menor masa magra, que coincide con una mayor ectomorfia, sin modificarse ni el peso ni los pliegues cutáneos. Las féminas júnior reducen su porcentaje y masa grasa a lo largo de la temporada.

En los últimos años, la hegemonía de un baloncesto más físico y rápido, centrado en los aspectos defensivos del juego, ha hecho variar el somatotipo hacia una mayor ectomorfia, aproximando los aleros a los pívots, modificando la tendencia que predominaba antiguamente, cuando los aleros eran una versión más alta de los bases. Este proceso ha reducido la ventaja que otorgaba un morfotipo tan dominante como el de los pívots, abriendo nuevas opciones de juego.

Las variables cineantropométricas no son constantes en el tiempo, sino que dependen del crecimiento y desarrollo de los atletas; y en este sentido es importante saber cómo cambian, sobre todo cuando de

seleccionar talentos deportivos se trata. En el paso de categoría júnior a senior, hay que tener en cuenta que la talla, el peso y el perímetro de pierna pierden sus diferencias estadísticamente significativas y, por tanto, ya no se observan las divergencias con los jugadores de baloncesto de alto rendimiento, hacia los 17 años. Esto mismo ocurre con el diámetro biepicondíleo de húmero, empero, no así con el resto de diámetros, que se equipara con el de los profesionales en un rango de edades intermedias entre el anteriormente mencionado y el bicondíleo de fémur, que es el más precoz, y alcanza valores parejos a los de los deportistas adultos mucho antes, en torno a los 15 años. Los pliegues cutáneos alcanzan su máximo grosor a los 14 años, y el mínimo a los 17, existiendo en ellos una correlación inversamente proporcional entre el pliegue subescapular y el anterior de muslo, de tal forma que, a medida que maduramos, se deposita más tejido adiposo en tronco y se reducen en pierna, siempre teniendo en cuenta que ya desde los 14 años se pierden las diferencias estadísticamente relevantes en función de la categoría profesional. Estos resultados se traducen en una disminución del componente endomórfico hacia los 17 años, y por ende, en general los varones muestran una evolución del somatotipo desde una mesoectomorfia hacia una ectomesomorfia. No se debe olvidar que todos estos estudios se han efectuado en el baloncesto norteamericano, y no tienen por qué asemejarse necesariamente con el europeo.

Cuando analizamos la evolución a lo largo del tiempo, entonces sí que encontramos que la talla y el peso son variables cineantropométricas que determinan el éxito deportivo. Esta aparente contradicción con lo que hemos mencionado al principio del apartado se explica por factores socioeconómicos que han transformado al jugador de baloncesto con los años. Estudios macroeconómicos, realizados en Estados Unidos, han demostrado una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa entre la talla y el peso, más concretamente el incremento medio de altura y masa que ha experimentado el jugador profesional de la NBA en el siglo pasado, y su vida deportiva, lo que ha repercutido favorablemente en sus emolumentos, según estos trabajos. Los baloncestistas se analizaron en conjunto, no desglosados individualmente por puestos, y así, en términos absolutos son 23 cm más altos y 33 kg más pesados que sus antecesores. También subsisten en el mundo profesional más tiempo, en la actualidad unos 4,3 años de media aproximadamente (lo que no debe sorprendernos, porque no se analizan las grandes estrellas que conocemos, sino el conjunto de todos los jugadores). El salario que percibe el deportista por temporada se ha incrementado en este intervalo, por término medio, 835000$ al año, lo que supone que en función de las variables de talla y peso, los atletas han mejorado sus honorarios en 37 500$ por centímetro o 1,3 kg de ganancia durante el periodo referido. Extrapolando estos datos, cada año de vida deportiva extra intensifica geométricamente los aspectos pecuniarios, haciendo que los jugadores profesionales ganen más dinero amén de prestigio social; y por tanto, en este contexto, sí es un excelente factor determinante del éxito, ya no solo deportivo, sino también social.

En la bibliografía se han descrito diversos índices específicos del baloncesto que incluyen: diámetros de tronco [(diámetro biacromialx3) – diámetro biileocrestal], índice esquelético (longitud de MMII/talla sentado x 100), este último basado en el precepto de que a una altura equivalente saltará más el jugador que tenga un mayor índice esquelético, debido a que su centro de gravedad estará más elevado y alejado del suelo, índice córmico (% de la talla sentado respecto a la altura), índice de diámetros acumulativo [suma de 7 diámetros (biacromial, biileocrestal, bitrocantéreo, biepicondíleo de húmero, biestiloideo, bicondíleo de fémur y bimaleolar) x (100/talla)], índice crural (relación de la longitud de muslo y pierna), cociente altura íleoespinal/talla sentado, cociente longitud total de extremidad superior/altura íleoespinal, cociente longitud total de miembro superior/talla sentado, cociente diámetro biacromial/talla, índice braquial (cociente longitud antebrazo/longitud de brazo), índice femorotibial (cociente longitud de muslo/longitud de pierna), cociente diámetro anteroposterior de tórax/diámetro transverso de tórax y cociente talla/(perímetro torácico-axilar).

11.2.4. Balonmano (masculino y femenino)

El balonmano es un deporte donde el componente aeróbico del juego es muy importante. Sin embargo, está ampliamente demostrado que ni el consumo de oxígeno ni las concentraciones plasmáticas de succinato deshidrogenasa son factores que permitan diferenciar a los jugadores de alto rendimiento del resto. El componente anaeróbico, medido como concentraciones plasmáticas de lactato, demuestra un bajo consumo energético, exclusivamente en los atletas cuyas fibras musculares son de tipo mixto. La razón que explica estas características fisiológicas es la propia idiosincrasia del juego, con transiciones entre ataque y defensa donde se autorizan las permutaciones de jugadores.

Los equipos están formados por siete integrantes en cancha, pudiendo diferenciarse tres tipos de deportistas según su patrón de juego: porteros, 1ª línea (central y laterales) y 2ª línea (pívot y extremos); y así podemos distinguir tres morfotipos básicos que corresponden a porteros, centrales-pívots y laterales-extremos. Los porteros y aquellos atletas utilizados preferentemente en acciones defensivas tienen unas alturas, longitudes, diámetros y perímetros mayores que los jugadores de ataque, lo que determina un grupo más homogéneo en estos últimos.

La bibliografía consultada coincide en señalar que el tiro es la acción más determinante, y es en este gesto técnico donde la talla, la envergadura, las longitudes de brazo y antebrazo y el diámetro biepicondíleo de húmero dictan una ventaja mecánica, porque la amplitud del brazo de palanca que conforman las articulaciones y músculos asociados a ella, aumenta la fuerza de lanzamiento y la velocidad imprimida al balón. El tiro en suspensión es la forma de tiro más frecuente y, por sí mismo, uno de los factores responsables del éxito deportivo, aumentando su importancia en función de la fuerza de impulso y altura alcanzada, favoreciendo estas acciones técnicas un perímetro de muslo elevado y una longitud de pierna proporcionalmente mayor que la de muslo. Porque, supuesta la capacidad muscular de imprimir una potencia adecuada para suspender el cuerpo en el aire, un mayor brazo de palanca distal aumenta el momento de inercia, y además implica que existe una gran fuerza muscular de cadera, tanto en la cadena extensora como en la flexora, que favorece la estabilidad durante la fase aérea del tiro.

La importancia del porcentaje graso depende de la posición que ocupa cada jugador. Los extremos, que desarrollan un juego que requiere velocidad de carrera y potencia de salto, demandan bajos porcentajes grasos y gran potencia muscular. Los jugadores de primera línea, al ser los tiradores de larga distancia, necesitan una masa muscular considerable, tanto en miembros superiores por su trascendencia en el lanzamiento como en extremidades inferiores por su capacidad para alzarse por encima del suelo, sin que el porcentaje graso sea tan relevante en la medida de que un valor bajo favorece el salto, mientras que un depósito de tejido adiposo que se traduzca en un mayor volumen corporal favorece el equilibrio en desplazamientos violentos e inesperados durante los saltos con oposición del contrario. Los pívots son los jugadores más altos y con porcentaje de grasa superior, al ser su zona de influencia muy pequeña y por ende se definen por su menor movilidad. El juego permite permutaciones entre ataque y defensa, y contactos permanentes con oposición; esto implica que el control del porcentaje graso es fundamental en los puestos que requieren mayor potencia de salto y velocidad de desplazamiento, siempre en función de las diferentes tácticas del juego. Esto es distinto cuando se ejecutan acciones de ataque muy preparadas técnicamente, o en aquellas basadas en el contraataque y la velocidad. En cualquier posición son factores decisivos la fuerza y la potencia de diversos grupos motores, por lo que el porcentaje muscular adquiere todavía mayor importancia que el graso, traduciéndose en una variable más del éxito deportivo.

Las características ya descritas imponen unos deportistas homogéneos, donde la mesomorfia es uno de los factores responsables de la excelencia deportiva, principalmente en pívots y en menor medida en porteros, predominando en general los mesomorfos balanceados y endomesomorfos. Por posiciones en la cancha observamos que los primera línea son mesomorfos balanceados, los extremos ectomesomorfos y, finalmente, los pívots junto a los porteros endomesomorfos (aquí si existe dimorfismo sexual, pues las mujeres son de naturaleza ectomesomórfica). En los últimos años, por imperativos comerciales, esta tendencia está modificándose, al igual que ocurría en el baloncesto, al favorecerse un juego mucho más dinámico que ofrezca un mayor espectáculo televisivo. La consecuencia de este cambio es un aumento de las lesiones ocasionadas por confrontaciones y choques cada vez más violentos, por tanto se buscan somatotipos más ectomórficos, muy poco valorados en el balonmano de antaño.

La evolución a lo largo de una temporada no muestra variaciones estadísticamente significativas, excepto en la masa muscular de los extremos; si bien, en general, disminuye el porcentaje graso y aumenta la masa magra.

Las jugadoras de balonmano son cineantropométricamente iguales a sus equivalentes masculinos, lo que implica un nulo dimorfismo sexual en este deporte, salvo el ya mencionado en porteros.

Balonmano y categoría profesional

La masa muscular marca la diferencia no solo entre los deportistas de alto rendimiento y el resto (los profesionales tienen una masa muscular superior con respecto a los aficionados que se sitúa entre un 13%

y un 15% más en varones y entre un 6% y un 11% en mujeres), lo que aporta ventaja, aparte del tiro, en choques, bloqueos, empujones y aguantar los movimientos de oposición contrarios; y por eso se ha potenciado mucho el entrenamiento de fuerza en los últimos 25 años. La explicación es que existe una relación directamente proporcional entre la superficie muscular y las fibras FT con la velocidad de lanzamiento estático, por tanto, tener fibras más rápidas activa antes el músculo, sobre todo del miembro superior. Esto permite lanzamientos más rápidos por aumento de la velocidad y reducción de la carga durante la fase de contracción de dichos músculos. La velocidad de lanzamiento dinámico en tres pasos está únicamente relacionada con la superficie corporal, tanto en miembro superior como inferior, lo que biomecánicamente significa que el jugador primero salta y luego lanza la pelota, necesitando en ocasiones girar el tronco para realizar el tiro. Estas características conllevan asociada una mayor masa ósea.

Destacaremos la gran homogeneidad que existe en jugadores de balonmano de alto rendimiento en cuanto a la talla, peso y porcentaje graso; sobre todo porque estas mismas variables, aparte de la masa muscular, son precisamente las que determinan la diferencia entre jugadores de élite y el resto, incluidos los de categoría júnior. Por tanto, el morfotipo de los mejores jugadores jóvenes no necesariamente coincidirá con el de los senior, y en la selección de talentos debemos buscar deportistas que mimeticen las características de los profesionales, con el evidente déficit de masa muscular en los más jóvenes, consecuencia de la diferencia en intensidad y años de entrenamiento.

11.2.5. Béisbol (masculino)

El juego defensivo es completamente diferente al de ataque y, por tanto, las características cineantropométricas y somatotipos serán incomparables.

La talla es uno de los factores más importantes en el béisbol, trascendencia surgida principalmente por razones tecnológicas, como consecuencia de sustituirse los primitivos bates de madera por los actuales de metal. La bilateralidad de las medidas es fundamental en este deporte, pues se ha comprobado que los lanzadores diestros son más altos y pesados que los zurdos y, por su influencia en el juego, convierten estas variables cineantropométricas en elementos determinantes del éxito deportivo. La altura actúa sobre el ángulo de lanzamiento, aumentando tanto la fuerza que se genera en el mismo, como la velocidad de proyección de la pelota. Sin embargo, esta talla tiene un límite, marcado porque una altura excesiva implica una gran envergadura y, por tanto diámetros transversales de tronco muy amplios, incompatibles con la precisión que exige el lanzamiento.

Béisbol y posición en el terreno de juego

Los jugadores de béisbol cineantropométricamente los vamos a dividir en: lanzadores o *pitchers*, *infields* o jugadores interiores de campo (primera base, segunda base, tercera base y *shortstop*), *outfields* o jugadores exteriores de campo (central, derecho e izquierdo) y receptores o *catchers*.

Lanzadores (pitchers) - *Jugadores interiores de campo* (infields): los primera base son los más altos de todos, lo cual se explica por la importancia que tienen en el juego de ataque, así mientras que en los lanzamientos de estos jugadores nos interesa mayor potencia, a costa de una menor precisión; en los lanzadores ocurriría lo contrario. La mayor talla implicaría una mayor longitud de miembro superior, favoreciendo el ángulo de lanzamiento e incrementando la generación de fuerza por un efecto biomecánico de mayor brazo de palanca, y por tanto imprimiendo más velocidad a la pelota. Es paradójico, entonces, que los lanzadores no sean los más altos, si bien es cierto que su talla es prácticamente equivalente; pero todavía más incongruente es el que se haya postulado que estas propiedades biomecánicas sean más determinantes en las jugadas de ataque de los primera base frente a las acciones de los lanzadores para obtener el éxito durante los partidos. La relación descrita no se mantiene en los jugadores de béisbol más jóvenes, donde los lanzadores son los más altos.

Los segunda base son los más bajos y ligeros, lo que les permite cubrir grandes áreas dentro del juego interior, ya que su función se basa, en gran parte, en recoger pelotas del suelo y actuar como pivotes para distribuir el juego a uno y otro lado, precisando rapidez de acción en espacios cortos; lo cual al ser de menor talla les permite girarse y soltar la pelota con presteza. Los *shortstops* son altos y ligeros, lo que

se traduce en un brazo de palanca mayor para lanzar la bola, al tiempo que su peso corporal les permite alcanzar más rápidamente pelotas alejadas, favoreciendo el juego defensivo. Estos y los segunda base son los de menor porcentaje de grasa y masa muscular porque tienen que ser los más ágiles y rápidos. Los tercera base son jugadores intermedios entre los dos mencionados, porque lo que se requiere de ellos es velocidad para reaccionar pronto a bolas rápidas, y resistencia en forma de capacidad de sacrificio.

*Receptores (*catchers*):* los receptores son los más bajos y pesados, y tienen que tener mayor masa corporal, especialmente en forma de una distribución central de tejido adiposo, que les permita un centro de gravedad más bajo y una estabilidad superior para protegerse de jugadores que vienen en carrera, cuando partiendo de una posición más estática, tienen que eliminarlos contactando la pelota con el cuerpo del contrario. Este hecho obliga a morfotipos muy anchos, con grandes diámetros transversales, principalmente de tronco y extremidad inferior, y una masa muscular muy elevada para aguantar sin lesionarse la transmisión de energía cinética que comunica un jugador en movimiento cuando contacta con otro estático.

*Jugadores exteriores de campo (*outfields*):* similares cineantropométricamente a los tercera base; precisan mayor velocidad que estos porque cubren un rango de campo más amplio.

En cuanto a la composición corporal nos encontramos con un deporte donde las diferencias estadísticamente significativas entre las distintas posiciones en el terreno de juego no las marca el porcentaje graso, sino el muscular. Los segunda base, entre los *infields*, son los que tienen menor masa magra. El porcentaje graso no es excesivamente determinante, y no presenta grandes divergencias entre los diferentes tipos de jugadores de béisbol, excepto en *catchers*, que necesitan tanto una gran masa grasa, para favorecer la estabilidad, como muscular, para aguantar los choques, dado que su movilidad es muy escasa. Los lanzadores también requieren un alto porcentaje de grasa, pero solamente si el tejido adiposo es de distribución central, porque contribuye a que descienda su centro de gravedad, equilibrando el cuerpo y contrarrestando los momentos de inercia producidos por la fuerza centrífuga durante los giros que realizan en los lanzamientos.

Las características cineantropométricas ya descritas hacen que, en general, el morfotipo de los jugadores de béisbol sea endomesomorfo. Los lanzadores tienen en conjunto mayor endomorfia y menor mesomorfia, mientras que los receptores son los que presentan los valores de ambos componentes más elevados.

En categoría júnior se busca desde edades muy tempranas las mismas características cineantropométricas descritas para los jugadores de élite, facilitando así la labor de los técnicos en los procesos de selección de talentos deportivos.

11.2.6. Boxeo (masculino)

Peso Minimosca o Mosca Ligero (<48 kg), Mosca (48-51 kg), Gallo (51-54 kg), Pluma (54-57 kg), Ligero (57-60 kg), Ligero Welter o Súper-Ligero (60-64 kg), Welter (64-69 kg), Súperwelter o Medio (69-75 kg), Semipesado (75-81 kg), Pesado (81-91 kg) y Súperpesado (>91 kg)

El boxeo es un deporte donde la capacidad aeróbica es muy importante. Se ha encontrado una relación entre el metabolismo aeróbico expresado en consumo de VO_2max. y el rendimiento deportivo, aunque los estudios más recientes demuestran la importancia cada vez mayor que está adquiriendo el metabolismo anaeróbico frente al aeróbico, como revelan trabajos realizados con coeficientes de correlación de Pearson. La explicación estriba en que al analizar a todos los boxeadores en general, no se tiene en cuenta que los pesos pesados tienen escasa capacidad aeróbica; añadido al hecho de que en los últimos años ha mejorado mucho la preparación física de estos atletas, sobre todo en las categorías de peso superior, aumentando en consonancia la importancia del metabolismo anaeróbico, lo que permite una intensidad de pelea mayor durante los asaltos.

La relevancia del metabolismo aeróbico, desde el punto de vista cineantropométrico, viene dada porque existe una relación estadísticamente significativa entre el consumo máximo de oxígeno y el perímetro

de muñeca, siendo decisivo en este deporte comparar estos valores con estudios isocinéticos que midan la fuerza proporcional de dicha articulación y la fuerza de la mano.

El perímetro de muñeca muestra asimismo significación estadística con el rendimiento, pero incomprensiblemente la ventaja competitiva no es proporcional a las circunferencias de brazo y antebrazo, ni los pliegues cutáneos de tríceps y antebrazo. Esto significa que la fuerza de brazos no sería una variable determinante del éxito, como se demuestra al examinar biomecánicamente los gestos técnicos propios del boxeo, que indican una práctica inmovilidad del músculo tríceps, siendo más importante la fuerza ejercida por los hombros que la de brazos (el trapecio es el músculo más utilizado en este deporte).

El morfotipo ideal de los boxeadores, tanto en categoría júnior como senior, es inusual para deportistas de élite, ya que se buscan atletas con tronco y miembros superiores amplios y extremidad inferior corta. Estas características descienden el centro de gravedad, aumentando la estabilidad del boxeador; al tiempo que una extremidad superior muy larga permite golpear al adversario con mayor facilidad. Desde el punto de vista de la composición corporal el porcentaje graso tiene que ser lo más bajo posible para evitar todo exceso de peso inútil. Como es lógico, otro de los factores determinantes del rendimiento deportivo es la masa muscular, sobre todo de miembro superior. Debido a la importancia del metabolismo aeróbico ya mencionado, en la medida de lo posible, se deberían realizar estas mediciones de VO_2max. ajustadas a la masa muscular.

La evolución a lo largo de la carrera deportiva de un boxeador tiende hacia un incremento de masa muscular en brazos y tronco, disminuyendo la masa grasa en piernas, por tanto, cuanto antes trabajemos estas características cineantropométricas, más pronto alcanzaremos el éxito deportivo.

Los pesos más bajos tienden hacia la ectomesomorfia, los medios hacia la mesomorfia balanceada mientras que los pesos pesados serían endomesomorfos, aunque como hemos explicado anteriormente habría que observar su evolución en los últimos años, para comprobar si efectivamente el rendimiento de este somatotipo coincide con ese desplazamiento hacia la izquierda, en función de la importancia cada vez mayor que está adquiriendo el metabolismo anaeróbico.

11.2.7. Ciclismo

Los ciclistas son un ejemplo muy claro de la especificidad morfotipológica dentro del deporte. En general, debemos buscar arquetipos que disminuyan el área de proyección frontal para disminuir la resistencia del aire al pedaleo, mejorando la economía de carrera al originar un menor gasto energético.

El ciclismo es uno de los deportes donde la capacidad aeróbica juega un papel fundamental en el rendimiento deportivo. El entrenamiento de estos corredores trabaja la resistencia con sesiones de larga duración, lo que origina en la musculatura de las piernas un mayor desarrollo de la potencia muscular máxima frente a la capacidad de generar potencia o desarrollar fuerzas máximas; como consecuencia de un incremento de: el metabolismo aeróbico, la capacidad oxidativa, el consumo de oxígeno, el porcentaje de fibras ST (lo que interfiere precisamente en generar potencia), la densidad capilar y la actividad de las enzimas citrato sintetasa y succinato deshidrogenasa. Estos efectos fisiológicos determinan un descenso en la producción de ácido láctico y una ralentización del metabolismo del glucógeno, lo que se traduce en una capacidad de competir a un mayor porcentaje de consumo de oxígeno máximo antes de que el lactato en sangre empiece a almacenarse, diferenciándose así los ciclistas de élite del resto. Parece ser que los factores asociados a un menor acúmulo de lactato para un porcentaje determinado de potencia aeróbica máxima estaría relacionada con la experiencia profesional y un mayor porcentaje de fibras ST. Los ciclistas desarrollan su potencia muscular máxima reclutando fibras FT, lo que ocurre tanto, en el entrenamiento como durante la competición, por tanto en intensidades submáximas (60-70% del consumo de oxígeno máximo), los ciclistas reclutan secundariamente fibras rápidas a medida que las fibras lentas reducen su almacén de glucógeno. Por otro lado, existe una relación inversamente proporcional entre la potencia muscular máxima y las concentraciones total y libre de testosterona en sangre; que igualmente se corresponden de una manera inversamente proporcional con el trabajo submáximo expresado como valores del lactato sanguíneo, traduciéndose en una menor fuerza explosiva en competición durante las fases de cambio de ritmo.

Esta explicación de la fisiología del ciclismo es importante desde el punto de vista cineantropométrico por la relación que existe entre la potencia muscular máxima y la energía cinética desarrollada por los ciclistas, determinada por el peso, favoreciendo la transmisión de energía cinética suministrada a la bicicleta durante la fase de aceleración. La energía cinética del sistema ciclista-bicicleta durante el proceso de aceleración, aumenta a medida que se incrementa el peso y, por tanto, este tendría importancia per se, y no solo como función de la distribución porcentual de su composición corporal. Esto significa que la masa corporal favorece a los ciclistas de velocidad, mientras que supone una desventaja para los escaladores. En este sentido destacamos el estudio llevado a cabo por Olds y cols. (1993) en la modalidad de persecución y 40 km en pista, donde obtenían un incremento de la distancia de pedalada de 20 m y 180 m al aumentar ambos el peso en 2 kg, al tiempo que reducían el tiempo de carrera en 1,5 s y 15 s respectivamente.

El ciclista clásico sería, por tanto, un atleta con un centro de gravedad bajo, piernas cortas y fuertes músculos extensores de cadera y glúteos, donde la altura se muestra como un factor controvertido, porque si bien por un lado favorece el pedaleo y se ha comprobado que está relacionado con el consumo de VO_2max. (sin que esta equivalencia haya podido explicarse satisfactoriamente), por otro aumenta el área de proyección frontal, razón aducida para explicar la diferencia de talla entre los ciclistas de ruta y pista. No hay que olvidar que las modificaciones técnicas del material deportivo pueden transformar el morfotipo. Así estamos comprobando en los últimos años como está aumentando la talla media de los ciclistas para compensar los cambios aerodinámicos que se están introduciendo recientemente en las bicicletas, y que obligan a cambiar su posición en carrera. Los ciclistas de categoría júnior serían más bajos y ligeros, con mayor porcentaje de tejido adiposo y grosor de pliegues, y una distribución curiosa, siendo los de muslo y subescapular más gruesos, y menores los de tríceps y supraespinal, coincidiendo en su proporción con los ciclistas de alto rendimiento. Estas características se traducen, por tanto, en diferencias estadísticamente significativas en el componente endomórfico.

El ciclismo es un deporte donde la composición corporal exige mediciones que superen la división entre masa grasa y magra. El porcentaje de grasa, siendo un prerrequisito imprescindible para alcanzar la élite, paradójicamente, no es una variable determinante del éxito deportivo, incluso comprendiendo que la masa grasa no interviene generando energía cinética, como ocurre con el peso, y además es una carga inútil que aumenta la demanda energética en carrera, siendo su incremento directamente proporcional a la resistencia al movimiento. La explicación a esta aparente incongruencia la encontramos en que el depósito de tejido adiposo pierde su importancia cuando se alcanza un porcentaje de grasa "idóneo", porque este prácticamente no se modifica a lo largo del tiempo, al exigir el ciclismo esfuerzos prolongados en competición durante una temporada muy larga y cargada de compromisos, muchos de ellos comerciales. Los cambios que experimenta la masa grasa se localizan en la región abdominal y, en contra de la creencia comúnmente aceptada, como demuestran varios estudios, no está relacionada de una manera directamente proporcional con la cantidad de actividad física desarrollada por dicha musculatura, sino que dependen de un balance calórico adecuado. Así, observamos que cuando la ingesta de lípidos es excesiva, aumenta la grasa corporal en múltiples localizaciones, pero la región donde se deposita preferentemente es la abdominal en hombres y la glútea en mujeres. Asimismo, nunca debemos perder de vista el porcentaje muscular, y sobre todo los parámetros que nos indican la potencia muscular máxima en miembros inferiores. La musculatura, si bien no está muy desarrollada en el ciclismo, salvo en determinadas modalidades, en todos coincide que es predominante en extremidad inferior. Existe una gran controversia sobre la importancia del porcentaje óseo y, si el ciclismo estimula o reduce la masa esquelética, factor muy importante al evaluar la detección de futuros talentos y controlar su desarrollo; o la influencia que esta osteopenia podría tener en el grado de osteoporosis que sufren las mujeres ciclistas tras su carrera deportiva o durante la menopausia (especialmente en deportistas amenorréicas). La bibliografía que con mayor fidelidad sigue la metodología de los ensayos clínicos, parece demostrar que el ciclismo reduce el porcentaje óseo, excepto en el caso de los corredores masculinos de categoría júnior. El inconveniente aparece porque solamente uno de esos estudios establece que este problema con la masa ósea es consecuencia de estudiar a los ciclistas en conjunto, y cuando los clasifica por disciplinas demuestra un estímulo en la síntesis de masa ósea en velocistas y un descenso en los escaladores. Echamos de menos investigaciones metodológicamente válidas que corroboren esta hipótesis, o como parece más lógico y postulamos desde estas páginas, sería un factor consecuencia de la selección de talentos, al elegirse ciclistas más ligeros en escaladores para facilitar el subir los puertos (y por tanto de porcentaje óseo bajo), y velocistas con gran masa para favorecer la energía cinética que se desarrolla durante la aceleración (con mayor masa ósea, para favorecer corredores de alto peso y escaso porcentaje graso).

El somatotipo que se ha descrito clásicamente como distintivo del ciclismo, independientemente de las características de los corredores o de su modalidad deportiva, es ectomesomorfo.

La importancia de la tecnología en el desarrollo de la bicicleta es tal que ha obligado a realizar estudios cineantropométricos exhaustivos del pie para ajustarlos perfectamente al pedal, y determinar la altura del mismo en función de las características del pedaleo de cada ciclista. La trascendencia de este binomio pedal-pie radica en que la fase más importante del pedaleo no es la de empuje, sino la de ascenso, porque en esta la flexión de rodilla reduce el trabajo de los extensores contralaterales (fundamentalmente el vasto lateral), disminuyendo el estímulo glucogenolítico, la adaptación neuromuscular y la alta resistencia a la fatiga de las fibras ST, aumentando el momento cinético durante la fase de empuje posterior y, por tanto, la fuerza generada. Además, como hemos mencionado, está cambiando el morfotipo de los ciclistas en los últimos años; se buscan corredores más altos para adoptar las posiciones aerodinámicas que las nuevas bicicletas exigen (las conocidas popularmente en el mundo del ciclismo de ruta como "cabras", por sus manillares más angulados en sentido vertical, semejando los cuernos de estos animales), sobre todo en ciclismo de velocidad en pista y las modalidades de contrarreloj en ruta.

La gran heterogeneidad que encontramos entre los ciclistas, independientemente de su género o modalidad deportiva, nos hace cuestionarnos si estas diferencias son consecuencia de factores de tipo biomecánico o fisiológico; siendo un reto de futuro para la medicina deportiva concretar las variables específicas de cada tipo de ciclista.

El dimorfismo sexual no existe en este deporte, lo que significa que las mujeres ciclistas tendrían las mismas características cineantropométricas que sus homólogos masculinos.

Ciclismo de carretera/ruta: Prueba en línea (individual) y Contrarreloj masculina y femenina

El ciclismo de ruta exige una gran homogeneidad en los corredores gregarios de un equipo, pero los que marcan la diferencia, desde el punto de vista del marketing, son los vencedores finales, que normalmente se corresponde con un morfotipo que conjuga, en mayor o menor medida, las características propias del escalador o el esprínter, dependiendo de la estrategia comercial de la casa patrocinadora, determinando así morfotipos muy diferentes.

Los escaladores cineantrométricamente son ciclistas de perfil bajo, con escasa talla, peso y longitud de tronco, para minimizar en la medida de lo posible el área de proyección frontal, que supone un mayor gasto energético durante la subida a los puertos.

Los esprínteres son corredores de gran peso, mesomorfia y masa muscular, sobre todo en extremidad inferior, para liberar la mayor cantidad posible de energía cinética, que se transmitiría para incrementar la aceleración durante el pedaleo, al tiempo que interesa que tiendan hacia una ectomorfia, por medio de diámetros transversales cortos, principalmente de tórax, que disminuirían el área de proyección frontal, mejorando la aerodinámica y disminuyendo la resistencia al pedalear.

En ambos casos, el porcentaje graso es importante y por distintas razones. En los especialistas en subir puertos, porque acarrean un peso no útil que se multiplica, según los parámetros de la física clásica newtoniana, en función de la altura alcanzada; mientras que en los especialistas en llegadas masivas supone un freno al proceso de aceleración rápida.

Un caso especial lo representan los contrarrelojistas. Estos corredores se caracterizan por ser los que presentan mayor talla, longitud de pierna, diámetro bitrocantéreo y ectomorfia. La diferencia entre estos y los esprínteres, los dos tipos de especialistas que alcanzan las velocidades más altas, es que los primeros necesitan transmitir una gran energía cinética por medio de la propulsión, que depende en gran medida del plato utilizado, mientras que los segundos precisan desarrollar grandes revoluciones de giro durante las pedaladas.

En ciclistas de ruta, que no trabajan tan específicamente la musculatura de brazos y abdominal durante la temporada, la pérdida de grasa afecta fundamentalmente a los pliegues subescapular y tricipital, que se comprueba por un descenso significativo de los mismos frente al resto. El menor porcentaje graso y de pliegues cutáneos (principalmente de miembro inferior) son precisamente los factores que diferencian a

los corredores profesionales de los más jóvenes; facilitando mucho el proceso de selección de talentos, donde aparecerían las características cineantropométricas propias del profesionalismo desde una edad tan temprana como son los 13-14 años.

Ciclismo de pista: Persecución individual masculino y femenino; Persecución por equipos masculino, Sprint individual masculino y femenino; Sprint por equipos masculino; Carrera por puntos (puntuación) masculino y femenino; Keirin masculino y Americana (madison) masculino

El ciclismo es de los pocos deportes que ha incorporado la cineantropometría en el diseño industrial del material deportivo, y en pista en mayor medida que en ruta. Esto ha complicado el éxito deportivo. Así, hemos pasado en los últimos 25 años de una homogeneidad absoluta en estos ciclistas, donde las diferencias las marcaban el diámetro biileocrestal y el somatotipo, hasta la heterogeneidad que existe actualmente, lo que ha dificultado mucho la detección y selección de talentos, ampliando todavía más la importancia de esta ciencia para formar o encontrar un ciclista de pista de alto rendimiento.

La cineantropometría, en asociación con la ergonomía, ha encontrado una relación directamente proporcional entre la altura del sillín y la longitud de miembro inferior. La altura del sillín expresada como función del porcentaje de la longitud de extremidad inferior sería del 100% si queremos tener una eficacia óptima de consumo de oxígeno, o bien del 102% si pretendemos generar una potencia muscular máxima (rango entre 95,3% y 102,2%). Las distintas posibilidades que ofrecen los diferentes rangos de alturas de sillín, origina que aún hoy en día, en el ciclismo profesional, este ajuste se realice de manera empírica en función de la comodidad subjetiva del corredor (aproximándose entonces más al valor del 100%).

Los *pistards* se caracterizan cineantropométricamente por ser los ciclistas más altos, y entre ellos destacan los de persecución (y esto es consecuencia de las modificaciones tecnológicas introducidas en los últimos años en las bicicletas). Aún así, curiosamente, la talla todavía no ha demostrado ser una variable determinante del éxito deportivo, por la gran heterogeneidad que existe entre las diferentes modalidades de ciclismo de pista, salvo en persecución, que llama la atención por todo lo contrario, la gran homogeneidad que encontramos en la talla de todos sus corredores y, sin embargo, es paradójico e incongruente que esta homogeneidad no aparezca en la modalidad femenina, sin que se haya postulado ninguna explicación razonable para ello.

En ciclismo de pista es importante evaluar la relación entre la talla y la longitud de miembros inferiores, pero no a través del cociente talla/talla sentado, sino por medio de la relación entre la talla sentado y longitud de extremidad inferior; o más específicamente, la relación entre la altura y la longitud de pierna, porque esta proporción interviene disminuyendo la resistencia aerodinámica de la parte superior del cuerpo, al tiempo que da mayor estabilidad al tronco, lo que permite utilizar platos mayores para mover desarrollos semejantes, además de transferir mayor energía cinética al movimiento de las bielas.

Por otro lado, es importante señalar la circunstancia de que las longitudes son muy homogéneas, lo que en esta modalidad de ciclismo significa que el efecto brazo de palanca no tendría una influencia decisiva en el rendimiento deportivo.

Un peso elevado no implica necesariamente una desventaja. Los pesos altos favorecen la transmisión de energía cinética durante la aceleración, teniendo como contrapartida que incrementan el área de proyección frontal, lo que originaría una mayor resistencia al aire durante el pedaleo; variable que incide en menor medida en este tipo de modalidad con respecto al de ruta porque no están expuestos a las variaciones climatológicas.

La fuerza muscular máxima tiene una relación directamente proporcional, y estadísticamente significativa, con el peso, perímetro de muslo y porcentaje de masa muscular. Los ciclistas de pista, precisamente por esto, presentan los mayores perímetros de brazo, muslo y pierna.

El somatotipo medio es ectomesomorfo, siendo más mesomórficos y menos ectomórficos que los de ruta, coexistiendo con mesomorfos balanceados y mesoectomorfos.

Mountain Bike: Cross-Country masculino y femenino / BMX masculino y femenino

Metabólicamente requieren trabajo aeróbico y anaeróbico, por esta razón, cineantropométricamente, no se diferencian mucho de los escaladores, con un componente anaeróbico más alto, traducido curiosamente en un consumo de oxígeno y niveles de ácido láctico mayores y, por tanto, el peso influiría de manera decisiva en el rendimiento. Cuando los comparamos con el resto de los ciclistas de ruta, los corredores de *mountain bike* son más bajos y ligeros, con un menor sumatorio de pliegues.

11.2.8. Esgrima

Espada individual masculino y femenino y Espada por equipos masculino, Florete individual masculino y femenino y Florete por equipos femenino. Sable individual masculino y femenino y Sable por equipos masculino y femenino

Los esgrimistas se caracterizan cineantropométricamente por ser deportistas de talla y baricentro bajos para favorecer la estabilidad en el duelo, pliegues cutáneos, porcentaje de grasa y endomorfia escasos; al tiempo que presentan un perímetro de pierna y diámetros biileocrestal, biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur anchos. En la esgrima son muy importantes las medidas de longitud y diámetro de mano por la importancia de ajustar perfectamente el agarre a las características tecnológicas de las armas. Las categorías inferiores presentarían las mismas características cineantropométricas que los duelistas de categoría senior, facilitando la selección de talentos.

El dimorfismo sexual está ausente, por lo que las mujeres tendrían un morfotipo semejante al de sus homólogos masculinos.

11.2.9. Fútbol

La universalidad del fútbol, siendo sin duda el deporte más importante desde el punto de vista socioeconómico, origina un grupo de deportistas muy heterogéneo y, por tanto, existen pocos factores que actúen realmente determinando el éxito deportivo.

El fútbol es un deporte que requiere un trabajo intermitente con intervalos temporales cortos de actividad física intensa cerca del umbral anaeróbico, alternado con periodos más largos de actividad baja-moderada. Es mixto desde el punto de vista metabólico, con predominio del tipo anaeróbico en un 70-80%, como corresponde a deportes de equipo que se practican en superficies amplias que, en cierta medida, explica por qué el consumo de oxígeno es uno de los factores que intervienen en el rendimiento, distinguiendo los futbolistas de élite del resto. El metabolismo anaeróbico se ha medido por diferentes métodos, pero conviene destacar que numerosos estudios demuestran que la cineantropometría se correlaciona mejor con este metabolismo anaeróbico que muchos de los tests específicos diseñados para este fin.

Los futbolistas, por su distribución en el terreno de juego, los dividiremos en: porteros o arqueros, defensas, centrocampistas o medios y delanteros, clasificación más comúnmente aceptada en la bibliografía consultada.

Cuando analizamos las variables cineantropométricas más importantes, observamos que la talla excesiva sería un inconveniente, porque dificulta la movilidad general y la velocidad de desplazamiento en el espacio, especialmente cuando coexisten cambios de dirección. La altura, expresada como cociente talla/talla sentado, origina morfotipos con centros de gravedad bajos, para favorecer la estabilidad, factor muy importante en el fútbol de ataque, en cambios de ritmo y en el gesto técnico de regate.

La composición corporal es muy importante en el fútbol, sobre todo el análisis del porcentaje graso. A diferencia de lo que sostiene Margaria, los sujetos entrenados tendrían menor gasto energético en carrera que los no entrenados; y particularmente, en este deporte se ha comprobado que el metabolismo de los ácidos grasos, inducido por el ejercicio, decrece con los años; y que la movilización de los depósitos de tejido adiposo, durante la práctica del fútbol, disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de grasa.

Las lesiones, expresadas en días de baja del conjunto de todo el equipo, tienen una relación inversamente proporcional con el porcentaje graso. Se ha evidenciado, asimismo, una mayor incidencia de lumbalgias y osteopatía de pubis en futbolistas que presentan dismetrías de extremidad inferior, sobre todo aquellas relacionadas con una diferencia de alturas íleoespinal y trocantérea entre el miembro inferior izquierdo y el derecho. Igualmente, el somatotipo está íntimamente relacionado con las patologías más frecuentes que sufren los futbolistas durante los entrenamientos y partidos, cuya incidencia exponemos a continuación: esguinces y lesiones musculares grado I (45%), hematomas y cortes (30%), luxaciones (15%), fracturas (5%) y conmoción cerebral (5%). Así el morfotipo más proclive a sufrirlas es el ectomorfo balanceado (85%), con gran diferencia frente a otros biotipos más homogéneos, como son los ectomesomorfos (50%), mesoectomorfos (45%) y mesomorfos balanceados (44%); esto obliga a tener muy en cuenta el somatotipo de los jugadores, por parte de las selecciones nacionales o bien por los clubes profesionales, para evitar perjuicios deportivos y/o económicos, tanto cuando valoran la contratación o selección de profesionales como en los procesos de detección de talentos.

Fútbol masculino

El futbolista se caracteriza cineantropométricamente por ser alto, ligero, de piernas largas, con tórax amplio (diámetro biacromial y antero-posterior de tórax); caderas estrechas (diámetro biileocrestal y perímetros de cadera y umbilical), muñecas y tobillos anchos. El porcentaje muscular es un factor muy importante, si bien no estadísticamente significativo, para valorar el rendimiento deportivo, pues está relacionado de una manera directamente proporcional con la distancia recorrida por los jugadores durante un partido de fútbol.

El somatotipo predominante es el mesomorfo balanceado. Podemos distinguir varios de ellos en función de las características de la competición. Así, en el fútbol inglés, inventores de este deporte y tradicionalmente con un patrón de juego muy determinado, el morfotipo es más ectomorfo y menos mesomorfo, aunque siempre en términos generales, la hegemonía la impone la mesomorfia. Es paradójico que el morfotipo de los jugadores de fútbol, por tanto, se asemeje más a los velocistas que a los corredores de media y larga distancia, como sería de esperar por las propiedades metabólicas de este deporte.

La homogeneidad interpoblacional aparece como un rasgo general característico de los jugadores de fútbol, patente cuando los analizamos por categorías profesionales. En términos absolutos, los futbolistas más jóvenes son mesomorfos balanceados y ectomesomorfos; pero existe cierta heterogeneidad al distinguirlos, en base a su posición en el terreno de juego, según la división que mostramos a continuación:

Porteros o arqueros: la heterogeneidad intrapoblacional aparece como un rasgo específico entre los porteros, atletas que muestran una tipología propia condicionada por ser los únicos deportistas que pueden utilizar las manos, y en consecuencia desarrollan entrenamientos especiales. Son los jugadores más altos, pesados y con mayor envergadura. En general todas las variables cineantropométricas predominan en porteros: longitudes (con medidas de miembro superior que presentan valores proporcionalmente más elevados en brazo, antebrazo y mano, mientras que en extremidad inferior predominan las de pierna); pliegues cutáneos (salvo los de bíceps, tríceps y supraespinal), diámetros (excepto el transverso de tórax y bicondíleo de fémur, semejantes; o el biileocrestal, relativamente más estrecho) y perímetros. La composición corporal se caracteriza por un mayor porcentaje graso, masa muscular, masa ósea y peso residual, explicando la heterogeneidad mencionada. Son los más endomorfos de todos los jugadores de campo. La ectomorfia es superior a defensas y delanteros.

Defensas: los defensas presentan la mayor mesomorfia y diámetros transverso de tórax y bicondíleo de fémur. Divergen de una manera estadísticamente significativa de los medios en: talla, altura acromial, diámetro bicondíleo de fémur y masa ósea, siendo muy similares en porcentaje graso.

Centrocampistas o medios: los centrocampistas son los más bajos, ligeros y de menor porcentaje graso y masa muscular. Semejan a los delanteros, pues carecen de diferencias significativas con ellos.

Delanteros: cineantropométricamente se caracterizan por perímetros de muslo y piernas elevadas, con diámetro bicondíleo de fémur alto y biileocrestal bajo, conjunto de factores que favorecen la carrera, sobre todo en aquellos que basan su éxito en la velocidad; siendo, en dicha posición, las variables más deman-

dadas por equipos que juegan preferentemente al contraataque. Otra de las características comunes a los delanteros es que presentan mayores pliegues cutáneos de bíceps, tríceps y supraespinal, y en general los menores diámetros y perímetros.

Factores de éxito

Los valores de talla, talla sentado, longitudes de brazo, antebrazo, muslo y pierna; diámetros biacromial, transverso de tórax, biecondíleo de húmero y transverso de pie; y perímetros de brazo y muslo; junto a la mesomorfia son estadísticamente más significativos en los futbolistas de élite, mientras, el resto se caracteriza porque proporcionalmente tienen mayores: longitudes de extremidad inferior y muslo; pliegues cutáneos subescapular, tríceps, supraespinal, abdominal, anterior de muslo y medial de pierna; perímetros cefálico, cuello, torácico-axilar, umbilical, cadera, brazo relajado y muslo; porcentaje graso y peso residual. La composición corporal ofrece ventajas tanto desde el punto de vista del porcentaje graso y la suma de pliegues, como de la masa muscular, pues cuanto menor sea el peso no útil desplazado, existirá mayor facilidad para realizar acciones técnicas que incluyan movimientos explosivos y saltos. Por otro lado, se ha comprobado, mediante estudios isocinéticos, una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa entre el porcentaje graso y la potencia de extensión de pierna, expresada por medio de las variables cineantropométricas relacionadas con la fuerza y potencia de extremidad inferior. Los jugadores de fútbol profesional tienen más mesomorfia y menos ectomorfia que los semiprofesionales y *amateur*.

La bilateralidad en fútbol es determinante para lograr el éxito deportivo. La evidente predominancia de un miembro obliga a realizar movimientos de regate hacia el lado contrario, determinando acciones previsibles que limitan el gesto técnico que mayor ventaja ofrece en ataque y, por tanto, el rendimiento deportivo que ha demostrado, a su vez tener una relación directamente proporcional con la capacidad de desbordar indistintamente por cada lado. Las variables cineantropométricas que presentan diferencias estadísticamente relevantes entre ambas hemimitades del cuerpo son las alturas radial y tibial, longitudes de extremidad inferior y muslo, diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, perímetros de muñeca y brazo contraído (predominio del lado izquierdo) y longitud de mano (predominio del lado derecho). Por posición en el terreno de juego, los porteros son los únicos profesionales que presentan diferencias significativas entre ambas dominancias en longitud de brazo y mano (hegemonía diestra). La bilateralidad también es muy importante desde el punto de vista de la composición corporal. En general, las diferencias estadísticamente significativas aparecen en el porcentaje y masa ósea del lado izquierdo. Esta distribución, además, presenta una reciprocidad muy curiosa, como es un bajo porcentaje graso y una masa muscular y ósea considerables en el brazo dominante, que no se correspondería con su extremidad preponderante en el miembro inferior. Este hecho sería consecuencia del éxito deportivo de jugadores zurdos durante los últimos años, que añadido al convencimiento general de que estos serían los más determinantes para el éxito de un equipo, ha propiciado que muchos futbolistas modificaran la dominancia natural en extremidad inferior durante su etapa infantil.

Específicamente, en los porteros es importante evaluar la relación entre antebrazo y brazo, descrita por Carter como *Índice Braquial*; así como las longitudes y diámetros de manos, para evaluar la importancia relativa de cada uno de los segmentos corporales que conforman el miembro superior como factor de éxito en la demarcación de porteros, donde se ha comprobado que los diámetros de húmero son proporcionalmente muy grandes.

Fútbol y categoría profesional

Encontramos datos muy contradictorios, desde semejanzas muy pronunciadas, hasta morfotipos completamente opuestos. Si bien, la mayoría de los estudios que utilizan una metodología conforme a la de los ensayos clínicos, coincide en que existe una diferencia estadísticamente relevante en el porcentaje graso, sumatorio y grosor de pliegues cutáneos, especialmente de tríceps y miembro inferior que, además, se manifiestan en todas las posiciones sobre el terreno de juego. Los porteros jóvenes suelen ser más altos, pesados y ectomorficos; los delanteros, sin embargo, más bajos y livianos, con mayores diámetros biestiloideo y transverso de pie, comparados con los veteranos. Los centrocampistas varían en los pliegues cutáneos como son el abdominal, anterior de muslo y medial de pierna; mientras que los defensas no presentan diferencias en función de su condición profesional. Al analizar el somatotipo, observamos un predominio ectomesomorfo en los futbolistas de categorías inferiores, objetivándose incluso desde los 15 años, que evolucionará con el tiempo hacia la mesomorfia balanceada en el jugador profesional.

Estudios longitudinales

A lo largo de la temporada aumenta el componente anaeróbico, disminuye el sumatorio y grosor de pliegues cutáneos (sobre todo abdominal y supraespinal) y el porcentaje graso, salvo en categoría juvenil, donde el porcentaje graso suele aumentar a final de temporada, pero exclusivamente en los jugadores reserva o en los que formaron parte del banquillo frecuentemente.

El jugador de fútbol en los últimos 25 años ha evolucionado hacia un menor porcentaje de grasa y una mayor talla.

Fútbol femenino

En el fútbol no existe dimorfismo sexual, salvo en la composición corporal, caracterizada por un mayor porcentaje graso y menor masa muscular en mujeres. El puesto de portero también es específico en el fútbol femenino, lo que se traduce en un somatotipo diferente al del resto de jugadoras; y además coincide con el de los porteros masculinos, independientemente de su edad y categoría profesional.

Factores de éxito

Las féminas de élite presentan mayor talla y mesomorfia, con menor endomorfia, ectomorfia y porcentaje de grasa, disminuyendo todas estas variables (excepto la altura) a lo largo de la temporada aunque, paradójicamente, la composición corporal de la futbolista es muy similar a la de la población de referencia para su edad y sexo, lo que implica que todavía tienen un margen de mejora muy amplio para equipararse al fútbol masculino (el porcentaje graso en mujeres es aproximadamente el doble que en futbolistas varones). Cuando analizamos la categoría profesional, las jugadoras juveniles se caracterizan por ser más altas y tener menor longitud de extremidad superior.

11.2.10. Gimnasia

La gimnasia es un deporte eminentemente anaeróbico. En la especialidad de gimnasia rítmica, este tipo de metabolismo actúa durante más tiempo, pero con menor intensidad.

La composición corporal es importante por distintos motivos, pero al asociarse con las patologías menstruales, son objeto de controversia. En este deporte se ha demostrado que el porcentaje graso tiene una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa con los pliegues cutáneos, incluso estos se vinculan entre sí de forma inversamente proporcional. El peso y los perímetros se correlacionan entre ellos, pero incomprensiblemente no tienen reciprocidad con la masa grasa. Algunos autores han propuesto un rango de porcentaje graso ideal durante la competición, 13-15% (incluso fijando un límite por debajo del cual disminuiría el rendimiento deportivo, un 12%), en función de la modalidad (gimnasia rítmica) y la categoría profesional (júnior); aunque en ningún momento se defiende ni justifica la fórmula empleada, ni los motivos que aconsejan su aplicación para determinar dichas proporciones. Finalmente, cabe señalar la relación estadísticamente significativa que existe entre el porcentaje óseo por un lado y el muscular y graso por otro, y de estos últimos con el nivel plasmático de progesterona durante la fase folicular del ciclo menstrual, y empero, paradójicamente, su relación es inexistente con la edad de inicio de la menarquia. Esta incongruencia halla su explicación en el hecho de que la progesterona actuaría favoreciendo la síntesis de tejido óseo, sin afectar al crecimiento, y es precisamente este aumento de hueso el que permite soportar una mayor fuerza de tracción muscular, independientemente de si las atletas son normorreicas, oligorreicas o amenorreicas. El efecto osteoporótico de las alteraciones menstruales se atenúa en las gimnastas cuando se comparan con las corredoras, por el beneficio que tiene la acción de las cargas de fuerza sobre el esqueleto, contrarrestando, así, el perjuicio causado por los bajos niveles de estrógenos en sangre. Este proceso es especialmente importante porque se ha comprobado en estas atletas una ingesta de calcio inadecuada, en la mayoría de las ocasiones, por debajo de la dosis diaria mínima recomendada.

La mayoría de lesiones aparecen en extremidad inferior, relacionadas en varones con la flexibilidad, el porcentaje y la masa grasa respectivamente; mientras que en mujeres tienen una vinculación directamen-

te proporcional con la mesomorfia y ectomorfia, salvo en categorías inferiores, donde la reciprocidad se establecería con la talla. Uno de los problemas más relevantes que encontramos en gimnasia es el dolor crónico de muñeca, que ha demostrado una relación muy estrecha con la masa grasa. La variante de esta patología conocida como *muñeca en resorte*, sobre todo cuando está asociada a desviaciones ulnares consecuencia de procesos postraumáticos o degenerativos, suscita opiniones confrontadas; para algunos investigadores sería resultado del entrenamiento, mientras que otros lo achacan a la biomecánica propia de los movimientos técnicos, que provocaría una angulación cubital excesiva que, por suerte, no parece afectar el cartílago de crecimiento; y según estas investigaciones, se relacionaría con la maduración ósea (no la edad cronológica o de menarquia), el peso, la talla y talla sentado, los diámetros biacromial y bicondíleo de fémur, y los perímetros (conformando el 78% de la etiología total, siendo el resto consecuencia de factores biomecánicos); y nunca con la masa grasa, a diferencia de lo que cabría esperar. Las gimnastas más veteranas, proporcionalmente más altas, pesadas y con mayor masa muscular, mostrarían una variante de esta patología similar al síndrome de Madelung, basada en una mayor osteosíntesis del radio en vez de una desviación ulnar (*cubitus minus*). Esto obliga a un control exhaustivo del entrenamiento porque, si bien una carga mecánica de trabajo potencia el crecimiento, el exceso de sobrecarga física lo retrasaría; por tanto, sería la calidad del entrenamiento, y no la cantidad, la que marcaría la incidencia de lesiones.

En gimnasia se han utilizado también los índices talla/longitud de pierna y talla/longitud de antebrazo.

Gimnasia Artística: Suelo, Potro con arcos, Anillas, Salto, Paralelas, Barra aija, Concurso múltiple individual y Concurso por equipos masculino y Salto, Paralelas asimétricas, Barra de equilibrios, Suelo, Concurso múltiple individual y Concurso por equipos femenino

Cineantropométricamente, los gimnastas masculinos se caracterizan por un morfotipo que se traduce en atletas bajos, ligeros, con longitudes cortas, especialmente de extremidad inferior, y diámetros estrechos, sobre todo el bicondíleo de fémur. Los perímetros confirman lo expuesto anteriormente, porque son anchos en brazos y pequeños en miembro inferior, resaltando un predominio de miembros superiores sobre los inferiores. Los pliegues cutáneos son de escaso grosor, fundamentalmente el supraespinal. Las mujeres gimnastas aparentemente semejan el morfotipo de los varones: atletas bajas, ligeras, de hombros anchos y caderas estrechas, diámetro biepicondíleo de húmero y perímetro de brazo altos, porcentaje graso escaso y masa muscular elevada, con maduración ósea y menarquia tardías; sin embargo, existe un dimorfismo sexual consecuencia de la diferencia técnica que hay entre los movimientos que ejecutan ambos. Proporcionalmente las mujeres son más altas y de menor longitud de extremidades, donde no es tan llamativa esa diferencia entre los miembros superiores e inferiores; e incluso, los perímetros de muslo y pierna sugieren que tendrían una extremidad inferior comparativamente más desarrollada, originando un biotipo que favorecería los ejercicios con suspensión aérea del cuerpo, que parecen ser los más determinantes en las puntuaciones finales de las competiciones femeninas. El porcentaje graso y los pliegues cutáneos son relativamente menores (especialmente tríceps y medial de pierna), indicando una importancia mayor del componente estético en la calificación de las gimnastas frente a los hombres.

No existe unanimidad en cuanto a la altura. Biomecánicamente, el salto se ve favorecido por una talla baja al facilitar las rotaciones completas del cuerpo en el espacio; aunque cabe resaltar que una mayor estatura favorece el momento angular, facilitando los ejercicios con giros dorsales. En este sentido encontramos entre los deportistas más competitivos, por un lado, gimnastas chinos y japoneses, y por otro, atletas de Europa del este que, sorprendentemente presentan todos ellos un morfotipo muy semejante, donde la única diferencia la registramos en la talla, de tal forma que cineantropométricamente los gimnastas asiáticos serían una versión reducida de los europeos, o viceversa. Igualmente, y en relación con esta incongruencia, es incoherente el hecho observado en varios estudios con gimnastas masculinos de categoría internacional, de ser más bajos y ligeros que sus homólogos en la población de referencia correspondiente, salvo en la edad que comprende los 17-18 años, donde se igualarían. No hemos encontrado en la bibliografía una explicación que justifique razonablemente estas paradojas, excepto la preferencia de los equipos rusos por los ejercicios de traslación posterior. La altura tampoco sería un factor determinante en la gimnasia femenina.

El porcentaje muscular es una parte importante de la cineantropometría de estos deportistas, pero es llamativo cómo la importancia de la fuerza muscular radica en la extremidad superior, delineando morfotipos con miembros cortos y muy fuertes, que por ello reducen los momentos de inercia, conservándolos e

incrementando la velocidad angular, y en definitiva, aumentando la velocidad de ejecución y el número de movimientos por unidad de tiempo; siendo la importancia de extremidades inferiores mucho menor. Si se unen estos miembros cortos a un tronco largo, desciende el centro de gravedad, favoreciendo los factores biomecánicos descritos. La extremidad inferior supone una ventaja competitiva si la longitud de pierna es proporcionalmente mayor que la de muslo pues, supuesta una adecuada potencia muscular para ejecutar los ejercicios, un brazo de palanca bajo o distal favorecería las rutinas que incluyan saltos. Las características descritas se encuentran con mayor frecuencia en poblaciones asiáticas y del este de Europa.

El somatotipo se sitúa entre los más mesomórficos en hombres, predominando en ellos el mesomorfo balanceado; mientras que el mayoritario en mujeres es el ectomesomorfo, encontrándose en menor medida endomesomorfos, ectomesomorfos y mesomorfos balanceados en ambos sexos.

Los gimnastas júnior mimetizan a sus equivalentes senior, con la diferencia de que en varones los primeros frente a los más veteranos, tienen una envergadura considerable, que se impone incluso a la altura, una relación de la longitud de extremidad superior frente al tronco mayor, y menor porcentaje graso y masa muscular; mientras que las féminas senior serían proporcionalmente más bajas y pesadas que sus homólogas más jóvenes, a costa de una masa muscular más alta y un porcentaje graso más pequeño, que se traduce en un somatotipo más mesomórfico y menos endomórfico. La longitud de miembro superior está relacionada de una manera directamente proporcional con la distancia al aparato al realizar los ejercicios, posibilitando movimientos de mayor dificultad, especialmente los de tijera y estáticos en barra fija, mientras que en suelo y caballo con arcos facilita los considerados más "artísticos". En mujeres de categoría senior femenina se imponen las rutinas de potencia pura a medida que la masa muscular aumenta con el tiempo.

Factores de éxito

En términos generales, es la masa muscular, y en menor medida la mesomorfia y la talla, las variables que más influyen en el rendimiento deportivo. Las diferencias en el sumatorio y grosor de pliegues cutáneos (excepto pectoral y subescapular), porcentaje graso y óseo no son estadísticamente significativas. Las gimnastas de élite son de perfil más bajo, existiendo una relación inversamente proporcional del rendimiento con el peso; la talla; la talla sentado, las longitudes de brazo y antebrazo; los pliegues cutáneos subescapular, bíceps, tríceps, anterior de muslo y medial de pierna; el diámetro transverso de tórax, los perímetros de brazo relajado, brazo contraído, muslo y pierna; además del porcentaje graso. No es estadísticamente relevante, pero sí muy importante por su reiteración, los exiguos diámetros biileocrestal y bicondíleo de fémur que aparecen, así como un diámetro biacromial proporcionalmente muy grande. Las atletas de alto rendimiento comparadas con las menos competitivas, muestran un somatotipo más mesomórfico y menos ectomórfico y endomórfico respectivamente; diferencias muy trascendentales, pues hay autores que cifran la influencia de las variables cineantropométricas mencionadas entre un 30% y un 50% del total de los factores que influyen en el rendimiento del gimnasta durante la competición.

El análisis pormenorizado muestra numerosas relaciones inversamente proporcionales, bien entre el éxito deportivo, medido en función de la puntuación final obtenida, con la endomorfia, talla sentado, sumatorio y grosor de pliegues cutáneos (principalmente el subescapular, en general, y el de tríceps solo durante la competición), diámetro transverso de tórax y perímetro de pierna; por otro lado, de la endomorfia y talla sentado con el salto; igualmente de la endomorfia, ectomorfia, pliegue medial de pierna y diámetro bicondíleo de fémur con los ejercicios en paralelas asimétricas; también de la endomorfia y pliegue medial de pierna con los de suelo; y finalmente de la endomorfia, exclusivamente, con los de la barra de equilibrio. Las diversas equivalencias directamente proporcionales se establecen entre el perímetro de pierna por un lado y la puntuación final alcanzada por otro; asimismo, del perímetro de antebrazo y pierna con el salto; de la misma manera, del perímetro de antebrazo y la maduración ósea con las paralelas asimétricas; y además, de la mesomorfia con la barra de equilibrio y el suelo. Entre todas estas concordancias, las que presentan mayores factores de correlación son la endomorfia y los pliegues cutáneos con la puntuación, tanto final como con las notas conseguidas en: paralelas asimétricas, suelo, salto y barra de equilibrios respectivamente, mencionando especialmente la correspondencia que existe entre el pliegue de bíceps y la barra fija, o la ectomorfia con las paralelas asimétricas, siendo siempre más determinantes para la nota final las reciprocidades de extremidad superior frente a las de miembro inferior.

Estudios longitudinales

Los estudios longitudinales, en función de la intensidad del entrenamiento, muestran, por término medio, un aumento del porcentaje muscular y óseo, sin variación en el cómputo global del peso. Esto se debe a que se acompañan de una disminución del porcentaje graso hasta mitad de temporada, si bien solamente los pliegues cutáneos continúan reduciéndose hasta el final, sobre todo aquellos de tronco, mientras que las mujeres no modifican los de extremidades, pese a que la distribución ginoide de su masa grasa tendería precisamente a acumularla en los brazos. Los cambios en categoría júnior masculina afectan al peso y perímetro de cadera, que descienden durante la primera mitad de temporada; y por otro lado, al porcentaje graso y pliegues cutáneos, que lo hacen durante todo el año (excepto el supraespinal, que varía solo en las primeras fases); mientras que en las féminas aumentarían únicamente los segmentos corporales de masa ósea y muscular. A lo largo de una carrera deportiva, las variables cineantropométricas se incrementan en términos absolutos, transformaciones que dificultan el mantenimiento de un alto nivel competitivo.

El análisis de la evolución de los gimnastas no manifiesta transiciones significativas en ninguno de los factores cineantropométricos y de composición corporal, pero sí observamos en ellos una tendencia progresiva hacia un perfil más bajo (excepto en el diámetro biacromial). Los entrenadores, al seleccionar talentos deportivos, se pueden encontrar con un problema. Los gimnastas sufren un proceso de crecimiento acelerado hacia los 15 años, especialmente en varones, que origina que atletas cineantropométricamente muy válidos varíen su morfotipo llegada dicha edad, de tal forma que repercutan negativamente en su rendimiento deportivo; mientras que en mujeres la maduración ósea se retrasa con relación a su edad cronológica (aproximadamente unos dos años en un rango que abarca entre los 12 y 15 años), limitación muy relacionada con los niveles de leptina en plasma sanguíneo, que impediría someter al hueso a entrenamientos excesivos de fuerza. Las mujeres gimnastas premenárquicas muestran en general valores más bajos en todas las variables cineantropométricas, excepto en la longitud de pierna; y es precisamente este morfotipo de perfil bajo el que favorece el éxito en competición. Esta es la razón por la cual la edad media de estos atletas, tanto masculinos como femeninos, ha disminuido en los últimos 25 años, al igual que ha ocurrido con la talla, el peso y el porcentaje graso, aumentando simultáneamente la masa muscular; esto explica por qué actualmente se buscan talentos deportivos en edades previas a la primera menstruación. El somatotipo habría evolucionado hacia un descenso apreciable de la endomorfia y ligero de la mesomorfia, manteniéndose la ectomorfia constante. La razón paradójica de este ligero descenso de la mesomorfia la encontramos en que la técnica actual da más importancia a los movimientos de giro a una mano sobre la barra, junto a la variación del tipo de agarre que en los últimos años ha permitido reducir la fuerza necesaria para realizarlos.

Gimnasia rítmica (femenino): Concurso múltiple individual y Concurso por equipos (aro, cuerda, cinta y mazas)

Cineantropométricamente se caracterizan por ser deportistas más altas y delgadas que las gimnastas artísticas, si bien estas diferencias estarían motivadas sobre todo por el factor estético que determina en gran medida la nota final de competición, frente a propiedades de carácter puramente biomecánico, ya que el morfotipo de ambos tipos de atletas es equivalente.

La composición corporal muestra pesos parecidos y, sin embargo, las de rítmica presentan mayor porcentaje graso (hasta un 36% superior), con menor porcentaje óseo y muscular. Las diferencias en la masa esquelética serían consecuencia de la desproporción entre ambas modalidades en cuanto a las cargas de trabajo durante los entrenamientos, sobre todo a nivel axial (ya que los tiempos de preparación técnica son muy semejantes). El éxito depende fundamentalmente del porcentaje muscular, aunque de manera no estadísticamente significativa. También existe una relación directamente proporcional con la talla, talla sentado, mesomorfia y ectomorfia. Encontramos igualmente una reciprocidad mutua, estadísticamente significativa entre el porcentaje óseo y graso; y de estos, a su vez, con la menarquia y los niveles de progesterona en la fase folicular y estrógenos en la lútea del ciclo menstrual. Por tanto, las gimnastas de élite premenárquicas tendrían mayor talla, peso y menor porcentaje graso que las postmenárquicas. Esto se traducirá en un somatotipo proporcionalmente más ectomórfico que el del resto de las modalidades deportivas.

Trampolín: Individual masculino y femenino

El morfotipo es comparable al de los gimnastas artísticos. La estatura es un factor determinante del éxito deportivo, porque el cuerpo, durante la ejecución de los gestos técnicos, se desplaza a velocidades angulares altas y, por tanto, una estatura baja permite mayor número de movimientos por unidad de tiempo. Un peso y porcentaje graso exiguo favorecería el rendimiento deportivo, al no tener que movilizar peso inútil durante los ejercicios.

11.2.11. Halterofilia

<56, 56-62, 62-69, 69-77, 77-85, 85-94, 94-105 y >105 kg masculino y <48, 48-53, 53-58, 58-63, 63-69, 69-75 y >75 kg femenino

La halterofilia es el deporte anaeróbico por excelencia. El esfuerzo desarrollado durante la competición es muy corto, al tiempo que extremadamente intenso. Cada ejercicio consta de tres izadas y el tiempo de recuperación entre intentos es muy variable, siempre en función de la elección del peso levantado, donde el periodo más largo transcurre entre los movimientos de arrancada y dos tiempos.

Este deporte es la base del entrenamiento de todas las modalidades donde intervienen elementos de fuerza, y como esta se adquiere con el tiempo, tradicionalmente los halterófilos de élite se encuentran comprendidos en edades entre 25 y 35 años. El estudio de estos atletas pocas veces los diferenció en función del peso; por tanto, si bien es verdad la aseveración precedente en las categorías más altas, los rangos inferiores requieren levantadores más jóvenes, que puedan mantener su peso sin problemas. La madurez es importante porque la edad se considera una de las variables cineantropométricas responsables del éxito deportivo, junto con el porcentaje de fibras tipo I. La respuesta al ejercicio en concentraciones submáximas de lactato plasmático, que aumentan la potencia muscular, conjuntamente con las variables de fuerza de miembros inferiores (diámetro bicondíleo de fémur, pliegues cutáneos y perímetros de muslo y pierna), son inversamente proporcionales a la actividad de las enzimas oxidativas del músculo estriado y a la densidad capilar.

La técnica de levantamiento que se precisa en los movimientos olímpicos de halterofilia biomecánicamente depende del efecto de palanca, y requiere ejecutar los desplazamientos del halterófilo a una velocidad que permita situarle ("encajarle") debajo de la barra lo más rápidamente posible. El morfotipo de los atletas, por tanto, se caracterizará por un diámetro biacromial y un perímetro torácico-axilar anchos, musculatura glútea y extremidades proporcionalmente muy fuertes y cortas, especialmente en miembros inferiores, para facilitar que el peso levantado se encuentre lo más cerca posible del eje que pasa por la columna vertebral. Algunos estudios incluso relacionan el rendimiento deportivo con la longitud de pierna. Estas características predominan en las poblaciones asiáticas y del este de Europa, y se han modificado muy poco a lo largo del tiempo.

El peso es una variable cineantropométrica determinante por sí misma del rendimiento deportivo; porque, concretamente en este deporte, tiene una relación directamente proporcional con la fuerza concéntrica máxima que desarrolla la musculatura; es más, si añadimos los factores masa muscular y las constantes de fuerza de extremidad inferior, estos actuarían reforzando la capacidad para generar potencia muscular. Por otro lado, es imprescindible entrenar con una masa corporal superior a la de competición, pero debe ser consecuencia de la distribución central del depósito de tejido adiposo, que determina un descenso del centro de gravedad, favoreciendo la biomecánica del levantamiento al equilibrar el cuerpo y compensar las fuerzas de inercia, tejido lipídico, que a su vez, se eliminará previamente a la competición (incluso aunque se haya teorizado que la masa grasa no afectaría al rendimiento cuando no hay desplazamiento del cuerpo en el espacio), porque de esta manera los movimientos se ejecutarán más rápidamente, siempre y cuando no concurra una pérdida concomitante de masa muscular, indispensable también para el éxito deportivo, porque la halterofilia no es un deporte de fuerza puro, sino que depende de la relación fuerza-velocidad. Esto origina el mayor porcentaje proporcional de tejido adiposo entre todos los atletas, durante el periodo de entrenamiento; porque durante la competición, los halterófilos más competitivos coinciden con los de menor porcentaje de grasa cuando se considera en función de su masa corporal total. Todo ello, resulta paradójico que a medida que aumenta la categoría de peso, los levantadores son comparativamente menos fuertes.

El perímetro de brazo no es un factor de ventaja competitiva, aunque parezca incongruente. El fundamento lo encontramos en las características del entrenamiento. Cuando estos consisten en levantamientos explosivos, con grandes resistencias y pocas repeticiones, a largo plazo aumenta la velocidad de activación neuromuscular durante las contracciones voluntarias, que no se expresan en forma de hipertrofia muscular, por lo que el perímetro de brazo no se modifica.

Sin embargo, este entrenamiento sí depende de los cocientes fuerza-longitud y fuerza-velocidad, al igual que del tipo de musculatura, a su vez, consecuencia de la longitud del músculo o el ángulo y densidad del conjunto de las miofibrillas, permitiendo desarrollar una gran fuerza muscular con cargas submáximas, al aumentar la resistencia por conversión del tipo de fibras rápidas (del tipo IIb a IIa).

La relación talla/talla sentado es muy importante porque se precisa un centro de gravedad muy bajo para beneficiarse de una mayor estabilidad, al tiempo que un tronco largo facilita el efecto biomecánico de eje de palanca por parte del cuerpo. Diversos estudios han encontrado características cineantropométricas muy llamativas, como son: pliegues cutáneos gruesos en tronco (subescapular y supraespinal), y estrechos en extremidades (tríceps y medial de pierna); o perímetros de cabeza, brazo, antebrazo y torácico-axilar que se encuentran entre los mayores de todos los atletas, junto al de muslo, que se incrementa, con los entrenamientos, proporcionalmente más que el de pierna. En categoría júnior, sin embargo, esta característica pierde significación como factor de éxito.

Desde el punto de vista de la composición corporal, ya hemos analizado la importancia del componente graso; sin necesidad de explayarse en la obviedad de la gran importancia de la masa muscular y ósea, por un lado, en función del brazo de palanca, además de la relación entre masa muscular y ósea consecuencia de otros factores mecánicos.

El somatotipo medio es mesomorfo balanceado, con los levantadores más competitivos presentando valores de mesomorfia superiores a 7, y muestran la menor ectomorfia entre todos los atletas. Son los deportistas más mesomórficos, encontrando también endomesomorfos, mesoendomorfos y ectomesomorfos.

La halterofilia tiene una relación importante con la fisiología del esfuerzo. Las hormonas anabolizantes, especialmente la testosterona, tienen una relación estadísticamente más significativa con la potencia muscular que con la fuerza máxima, y esto es una ventaja en los deportes de fuerza cortos y explosivos.

El dimorfismo sexual es inexistente en este deporte, y debemos buscar en el sexo femenino las mismas características cineantropométricas descritas en varones, alejándonos del modelo clásico que busca mujeres con morfotipos parecidos al de las lanzadoras o luchadoras.

En halterofilia se ha utilizado asimismo el cociente talla/longitud de pierna, longitud de brazo/talla, longitud de antebrazo/longitud de pierna, acromioilíaco (diámetro biileocrestal/diámetro biacromial), córmico (talla sentado/talla), crural (longitud de pierna/longitud de muslo), braquial (longitud de antebrazo/longitud de brazo) y braquiocrural (longitud de brazo/longitud de pierna); y los índices de: Brugsch (perímetro torácico-axilar/talla), Stout-Lean (peso/talla) y Kaup (peso/talla^2).

Halterofilia y categoría profesional

La categoría júnior mimetizaría cineantropométricamente su homóloga senior. La diferencia la marca el desarrollo natural del sujeto. El tiempo de entrenamiento es inferior y, por tanto, presentan mayor endomorfia y ectomorfia (en pesos inferiores a los 85 kg), con menor mesomorfia, lo que se traduce en diferencias estadísticamente significativas en su somatotipo. La evolución natural del levantador durante su vida deportiva sería el tránsito de una ectomesomorfia a una mesomorfia balanceada, terminando en la mesoendomorfia o endomesomorfia.

Cuando los analizamos por categoría de peso, encontramos que en 56 kg. los levantadores senior son mesomorfos balanceados y ectomesomorfos, hasta el rango entre 77 kg-85 kg, donde coincide que son mesomorfos balanceados, mientras que a partir de los 105 kg son mesoendomorfos o endomesomorfos.

En categoría júnior solo son ectomesomorfos en 56 kg, a partir de aquí son mesomorfos balanceados hasta los 62 kg; donde se tornarían entonces mesoendomorfos.

12.2.12. Hípica (mixto)

Doma clásica, Salto de obstáculos y Concurso completo individual y por equipos

El morfotipo de los jinetes de hípica se caracteriza por una escasa talla y peso, porcentaje de grasa, grosor y suma de pliegues cutáneos bajos, para eliminar, en la medida de lo posible, un peso extra sobre el caballo. La ectomorfia debería ser elevada para favorecer el aspecto estético, muy considerado por los jueces al puntuar en la modalidad de doma clásica; y en este sentido podemos encontrar caballistas de estatura proporcionalmente elevada, si bien en principio sería un factor desfavorable al aumentar el peso no útil que soporta el equino. Las variables de éxito detalladas en los distintos estudios son: pliegues cutáneos, diámetros biileocrestal, biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, perímetro de pierna, porcentaje graso, endomorfia y ectomorfia.

12.2.13. Hockey hierba (masculino y femenino)

Es un deporte fisiológicamente muy parecido al fútbol, por lo que nuestra clasificación según la posición en el terreno de juego no diferirá de la descrita para los futbolistas (porteros, defensas, medios y delanteros -centro y alas-); y que combina el componente anaeróbico y aeróbico, con predominio de este último, como muestra su semejanza con corredores de media y larga distancia.

El jugador de hockey masculino, cineantropométricamente, es un deportista ligero; alto y de tronco largo, para descender en la medida de lo posible el baricentro, que favorecen su estabilidad; con una amplia longitud de brazo; pliegues cutáneos escasos (representando el suprailíaco y el bíceps los extremos superior e inferior respectivamente); tórax (diámetro antero-posterior), muñecas y tobillos anchos, cadera estrecha (diámetro biileocrestal); y perímetros altos (excepto el umbilical y cadera). Estas variables se traducen en atletas con bajo porcentaje graso y gran desarrollo muscular. En este deporte no existiría el dimorfismo sexual, si bien las mujeres se caracterizan por un menor porcentaje graso y mayor masa muscular relativa, sobre todo de extremidad inferior.

La talla y el peso no ofrecen ventajas competitivas. La altura favorece la biomecánica del eje de palanca durante la conducción de la bola, pero si es excesiva produce una sobrecarga axial que se traduce en patologías lumbares; lo que explica por qué los jugadores de hockey son más bajos que los de fútbol, aún siendo deportes muy similares fisiológicamente. La longitud de brazo y antebrazo, paradójicamente, no son determinantes para el éxito deportivo. La importancia en el juego la imponen las medidas de mano y la fuerza de agarre del *stick* (84-96 cm de longitud y 340-794 g de peso). Estas medidas deben ser bilaterales obligatoriamente, pues los jugadores más competitivos demuestran una fuerza de empuñadura igual en ambas manos, independientemente de la dominancia de extremidad superior. La longitud de miembros inferiores debería ser corta para favorecer la estabilidad del sujeto.

Ahora bien, hay muchos autores que han descrito selecciones muy competitivas, sobre todo europeas, que reflejan extremidades inferiores muy largas con la pierna proporcionalmente más amplia que el muslo, características que en principio contradicen la biomecánica del juego, porque además no se requiere una potencia de salto especial. Un objetivo plausible de la medicina en este deporte es solucionar de manera razonable estas aparentes incongruencias.

El somatotipo predominante es el endomesomorfo y, en menor medida, los mesomorfos balanceados, ectomesomorfos y ectomorfos balanceados, estos últimos mayoritarios en los países asiáticos, en comparación con los de etnia caucasiana.

En hockey se ha utilizado el índice córmico (% de la talla sentado respecto a la altura) y el índice de diámetros acumulativo [suma de 7 diámetros (biacromial, biileocrestal, bitrocantéreo, biepicondíleo húmero, biestiloideo, bicondíleo fémur y bimaleolar)x(100/talla)].

Factores de éxito

El porcentaje de grasa, y en menor medida la masa muscular, mesomorfia y metabolismo aeróbico, son las variables cineantropométricas más determinantes del éxito deportivo, principalmente en mujeres. Esto se traduce en diferencias estadísticamente significativas en el sumatorio de pliegues, porcentaje de grasa y endomorfia, sin olvidar las constantes que miden la fuerza de extremidad inferior. Por tanto, la diferencia entre los jugadores de hockey de alto rendimiento y el resto son consecuencia, fundamentalmente, del grosor de pliegues cutáneos (excepto el anterior de muslo) y el porcentaje graso.

Hockey y posición en el terreno de juego

En principio podemos establecer una división muy clara entre las posiciones más defensivas y las de ataque.

Los porteros y defensas tienen un morfotipo muy semejante. Son los jugadores de mayor talla, peso y porcentaje graso, pero según la bibliografía que se consulte se encontrará más altura, masa corporal y grasa en unos u otros; diferencia que no aparece en las féminas, donde las porteros siempre son las más altas, pesadas y con grosor de pliegues cutáneos y porcentaje graso superiores. Los porteros, estudiados individualmente, se distinguen por una menor masa muscular y mayor envergadura y perímetro de tobillo; presentando somatotipos endomesomorfos y ectomesomorfos. Los defensas registran un grosor de los pliegues cutáneos subescapular, tríceps y medial de pierna más grandes, y los perímetros de cadera y antebrazo más altos, este último siendo la variable cineantropométrica que marca la diferencia estadísticamente significativa entre porteros y defensas. Los defensas se caracterizan por un somatotipo endomesomorfo, con una endomorfia situada entre las mayores de todos los jugadores.

Por otro lado, los delanteros y medios son muy semejantes, sin aparente dimorfismo sexual. Los delanteros se definen cineantropométricamente por su menor talla, peso y masa grasa, presentando la masa muscular más alta. Las posiciones más avanzadas presentan el grosor de pliegues cutáneos más bajo, y es precisamente el de bíceps el que marca las diferencias estadísticamente significativas entre delanteros y medios; mientras que las divergencias entre el ataque y la defensa la determinan los pliegues cutáneos subescapular y tríceps.

Cuando analizamos la categoría júnior observamos disparidades muy significativas. Los jugadores, en términos generales, presentan mayor talla y menor peso que los senior; existiendo más altura en delanteros y defensas, siendo estos últimos, además, los más pesados.

Estudios longitudinales

La metodología de entrenamiento más utilizada, por lo menos así descrita en la bibliografía consultada, somete a los medios a una carga de trabajo máxima a lo largo de una temporada; mientras que delanteros, defensas y porteros disminuyen su esfuerzo progresivamente. Esto se traduce en que los medios reducen su porcentaje de grasa y grosor de pliegues cutáneos, principalmente en extremidad superior; mientras que los defensas los incrementan, excepto en las regiones subescapular, axilar y bíceps. Los delanteros, al igual que los medios, pierden porcentaje graso; mientras que en los jugadores de ataque los pliegues cutáneos actúan de forma más errática, aumentando los de tronco y disminuyendo los de miembro inferior. El estudio bilateral es asimismo imprescindible, pues los cambios mencionados aparecen con mayor frecuencia en el lado izquierdo del cuerpo, especialmente en las variables cineantropométricas de tronco y extremidad inferior, que afectaría la incidencia de lesiones en hockey. Las diferencias descritas se mencionan porque, si bien no son estadísticamente significativas, sí son constantes en estudios muy diversos.

En los últimos 25 años se ha observado una inversión en la tendencia del somatotipo, alejándose del componente ectomórfico hacia una mayor mesomorfia, traduciéndose en más jugadores mesomorfos balanceados; sin que se haya publicado una respuesta satisfactoria que explique este hecho, justificándose en función de los métodos de entrenamiento y el aumento de la velocidad de juego, sobre todo en ataque.

11.2.14. Judo

Peso Superligero masculino (<60 kg) y (<48 kg) femenino, Semiligero masculino (60-66 kg) y femenino (48-52 kg), Ligero masculino (66-73 kg) y femenino (52-57 kg), Semimedio masculino (73-81 kg) y femenino (57-63 kg), Medio masculino (81-90 kg) y femenino (63-70 kg., Semipesado masculino (90-100 kg) y femenino (70-78 kg) y Pesado masculino (>100 kg) y femenino (>78 kg)

Esta modalidad de arte marcial requiere un trabajo anaeróbico intenso y corto, sin alcanzar altos grados de extenuación porque se intercalan periodos largos de recuperación; por tanto, pierde importancia el metabolismo anaeróbico, necesario para los movimientos de fuerza explosivos, en favor del aeróbico, que permite combatir la fatiga durante el tiempo que duran los asaltos; si bien, en definitiva, se entrenará aquel aspecto metabólico más favorable en función de la agresividad en combate del judoka. Esto tiene su justificación por el hecho de que al aumentar la talla, se incrementa el peso, el porcentaje de grasa y la masa muscular, lo que se traduce en un aumento del área de sección transversal de las fibras musculares tipo I (incremento incluso mayor en mujeres) y IIa (superior en hombres), al tiempo que disminuye el consumo de oxígeno.

El luchador de judo se describe cineantropométricamente como un atleta pesado y ancho tanto de hombros como de caderas, relaciones directamente proporcionales a su masa corporal; amén de extremidades cortas, tronco largo, bajo porcentaje graso y elevadas masas muscular y ósea. No existe un dimorfismo sexual aunque las mujeres son más bajas, ligeras y tienen mayor porcentaje de grasa.

Las variables cineantropométricas aumentan de manera directamente proporcional y estadísticamente significativa a medida que se incrementa el peso, haciendo que los atletas de categorías superiores sean mayores en todos las constantes involucradas, excepto en los pliegues cutáneos subescapular, tríceps, bíceps y medial de pierna, el diámetro transverso de tórax, el porcentaje óseo y la ectomorfia. Los factores descritos como responsables del éxito deportivo son, respectivamente: peso, incluso todavía más importante en las categorías inferiores a 73 kg; masa magra; talla; porcentaje de grasa y endomorfia, siendo directamente proporcional y estadísticamente muy significativos como determinantes del rendimiento una gran talla sentado y escasas longitudes de extremidades inferiores, especialmente pierna, o de diámetros bitrocantéreos.

En judo, como en la mayoría de los deportes de fuerza con contacto físico, el peso es un factor responsable per se del rendimiento, directamente proporcional al porcentaje de grasa, donde valores elevados proporcionan una ventaja competitiva; pues, al ralentizar los movimientos, la estabilidad adquiere mayor importancia y, como hemos señalado, esta se obtiene con un morfotipo de distribución androide, incluso en mujeres, para mantener el baricentro lo más bajo posible, dado que a igualdad de masa muscular, es un beneficio el mayor peso del atleta. En este sentido creemos llegado el momento de investigar en dirección contraria, centrándonos en la técnica, oponiéndonos a la tradición que dicta que cuanto más pesados mejor, por ende intentando reducir el porcentaje graso, que resta movilidad, pero siempre teniendo en cuenta que deberá ser mayor que en otros deportes, y buscando, por tanto, más rapidez de gestos técnicos, y una mayor fuerza y resistencia, trabajando principalmente la potencia muscular. Justificamos esta hipótesis porque, a diferencia de lo que ocurre en halterofilia, a medida que aumenta el peso, los competidores son comparativamente más fuertes. Obviamente, en las categorías de peso inferiores prima la movilidad, y es más importante tener una alta velocidad de ejecución de movimientos; y, por tanto, los judokas requieren porcentajes de grasa y pesos bajos. La talla es una variable poco significativa porque no ofrece ventajas competitivas en las acciones motoras, si bien favorece los movimientos técnicos cuando se analizan en función del incremento de peso, porque el aumento de talla origina un mayor eje axial de palanca y, sin embargo, la talla sentado ejerce su influencia descendiendo el centro de gravedad y aumentando la estabilidad del cuerpo.

Los judokas, en general, tienen un gran desarrollo muscular y óseo. La masa muscular tiene una gran relevancia en extremidades, pero en el caso del judo adquiere, si cabe, más importancia en miembro superior. En los deportes de fuerza el porcentaje óseo es elevado, porque los movimientos del cuerpo han de ser rápidos y vigorosos, liberando bruscamente energía de tipo cinético, que produce un estrés mecánico sobre el hueso que favorece su síntesis, esto explicaría por qué la masa esquelética, al igual que la movilidad, disminuye a medida que la categoría de peso es mayor; al contrario de lo que ocurre con la masa muscular. Estos atletas se benefician de un porcentaje de grasa escaso.

El somatotipo medio es endomesomorfo, con gran homogeneidad en ambos sexos; encontrándose también mesomorfos balanceados, ectomesomorfos y mesoendomorfos. El componente mesomórfico es muy elevado y un factor responsable del éxito deportivo en mujeres, mientras que la endomorfia crece proporcionalmente con el peso, pasando de los mesomorfos balanceados en las categorías más bajas a los endomesomorfos en el resto. La ectomorfia también es fundamental para favorecer un centro de gravedad bajo, si bien disminuye a medida que aumenta la masa corporal.

Los judokas júnior mimetizan sus equivalentes senior, diferenciándose exclusivamente en el mayor porcentaje graso en los pesos más bajos, y en el consumo de oxígeno superior en varones.

En judo se han utilizado los índices andrógino (relación entre los diámetros biacromial y biileocrestal), ponderal y de Manouvrier (relación entre talla sentado y longitud de pierna).

11.2.15. Lucha

Los luchadores comparten muchas características cineantropométricas con los judokas, por lo que recomendamos acudir al tema de judo para completar este.

Lucha libre: <55, 55-60, 60-66, 66-74, 74-84, 84-96 y 96-120 kg masculino y <48, 48-55, 55-63 y 63-72 kg femenino
Lucha grecorromana: <55, 55-60, 60-66, 66-74, 74-84, 84-96 y 96-120 kg masculino

El entrenamiento de fuerza que realizan los luchadores incrementa el área de sección transversal de las fibras musculares, que muestran una gran variabilidad en cuanto al porcentaje entre fibras lentas y rápidas, alcanzando estas últimas el máximo diámetro entre todos los deportistas, que aumentan la actividad de las enzimas glicolíticas, subrayando la importancia del metabolismo anaeróbico. En este sentido consideramos necesario realizar estudios con medición de valores de lactato en sangre, porque los deportistas sometidos a entrenamientos de alta intensidad toleran niveles progresivamente superiores de los mismos y, por tanto, modifican el metabolismo aeróbico que pierde entonces parte de su importancia. Estas características fisiológicas son esenciales porque la Federación Internacional modificó la competición, cambiando las rondas dobles de tres minutos cada una por combates únicos de cinco minutos sin intervalos de reposo. Esta es la razón de que encontremos en la bibliografía estudios contradictorios que demuestran por un lado que el consumo de oxígeno sería una variable de éxito en categoría senior (especialmente en la modalidad de lucha libre) frente a aquellos que prueban lo contrario pero, en este caso, la influencia será mayor en deportistas júnior (consecuencia del porcentaje de masa muscular o bien de la activación neuromuscular).

El luchador no presenta dimorfismo sexual, y se caracteriza cineantropométricamente por ser un deportista con largas medidas en brazo, pierna y diámetros de tronco (biacromial y biileocrestal), predominando aquellas que traducen la fuerza en extremidad superior, porque se ha demostrado que la influencia de los miembros inferiores en el rendimiento es despreciable. Se diferencia del judoka en un diámetro biileocrestal comparativamente menor. Es un deporte de fuerza que requiere bajos porcentajes de grasa, siendo precisamente esta variable uno de los factores determinantes del éxito deportivo. Así, se ha establecido un porcentaje ideal que se situaría entre el 7-10% e incluso se postula una pérdida del rendimiento cuando descienden por debajo del 5-7% en hombres y 9-15% en mujeres, sobre todo en los luchadores júnior que se encuentran en desarrollo. Igualmente tienen masas musculares y óseas considerables.

El somatotipo medio es mesomorfo balanceado, salvo en los pesos más elevados que son endomesomorfos. A medida que aumenta la masa corporal, aumenta la endomorfia y mesomorfia, y disminuye la ectomorfia.

La categoría júnior en luchadores difiere mucho del senior. Cineantropométricamente es un deportista más alto, con largos diámetros biacromial, biileocrestal y bitrocantéreo, y anchos perímetros de brazo y brazo contraído; con grosor de pliegues cutáneos y porcentajes de grasa bajos, al igual que ocurre con el diámetro bicondíleo de fémur, representando un atleta con más fuerza en brazos que en piernas para los pesos elevados; mientras que lo contrario acontece en los luchadores más ligeros. Los factores cinean-

tropométricos del éxito deportivo descritos en categoría júnior son directamente proporcionales a la talla y peso, y se corresponden de manera inversamente proporcional con el porcentaje graso.

Estudios longitudinales

A lo largo de la temporada se pierde masa grasa, especialmente en el periodo previo a la competición, mientras que el peso, los diámetros biacromial, antero-posterior de tórax y biileocrestal; los perímetros umbilical y de brazo, y la masa muscular, solo varían en la segunda mitad, lo que traduce un aumento de fuerza y potencia muscular. Los cambios son más significativos en júnior masculinos. En este sentido es paradójica la estabilidad de las variables cineantropométricas de diámetros o perímetros de muñeca y brazo durante este periodo, pues la fuerza de prensión sí se incrementa notablemente.

Los cambios asociados al desarrollo corporal son importantes. En los estudios más antiguos se describió una disminución del crecimiento que ahora sabemos está íntimamente relacionado con métodos de competición inapropiados utilizados para mantener el peso, por tanto, la maduración a lo largo del tiempo no se vería afectada si no se emplean, coincidiendo entonces en todos los aspectos del crecimiento con los cambios observados en la población de referencia para su edad y sexo. Estudios que siguen la metodología de los ensayos clínicos si demuestran, sin embargo, un crecimiento transversal del hueso entre los 14 -17 años muy escaso, que se manifiesta cineantropométricamente por diámetros y perímetros proporcionalmente muy bajos, lo que implica para la selección de talentos deportivos que la mejora del rendimiento no sería tan alta como cabría esperar en este rango de edad, al no soportar las cargas de trabajo de fuerza, aún incluso cuando la masa muscular no ha cesado de aumentar en ningún momento.

12.2.16. Natación

El deporte de la natación es de marcado carácter anaeróbico, siendo este metabolismo uno de los factores que discrimina los nadadores de élite de los aficionados, principalmente en las modalidades de velocidad senior. El entrenamiento más habitual para los nadadores descrito en la bibliografía consultada para los nadadores, y que por su naturaleza potenciaría la resistencia, incrementando la capacidad aeróbica; si bien el consumo de oxígeno no es un factor que permitiría diferenciar los atletas más competitivos. Estas características fisiológicas son importantes en natación porque este consumo de oxígeno estaría íntimamente relacionado con la distancia recorrida y la composición corporal, especialmente la musculatura, pero no así con la talla, lo que se traduce en que los velocistas dependen en mayor medida de la masa muscular que del resto de variables relacionadas con las medidas de longitud.

El nadador, en términos generales, se caracteriza cineantropométricamente por ser un atleta alto, ligero, de hombros anchos, extremidades muy largas, por tanto, que potencian atletas de gran fuerza, principalmente de miembro superior y mano; y gran ectomorfia y masa muscular, sobre todo en la mitad superior del cuerpo, con un somatotipo medio ectomesomorfo en hombres y endomesomorfo en mujeres. En este deporte el peso es un factor despreciable porque no precisan soportar la carga corporal.

La talla, esencialmente en las pruebas de velocidad, es un factor de ventaja competitiva, porque implica recorrer una menor distancia para alcanzar la meta, además de favorecer la biomecánica del gesto técnico de brazada, y también los movimientos de salida e impulso posteriores a los giros, beneficiándose, en este sentido, si se acompañan, asimismo, de extremidades largas, especialmente brazo, mano, pierna y pie. Existe una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa de la brazada con la envergadura y los diámetros torácicos, principalmente el biacromial, determinados por las características anatómicas e histoquímicas de los músculos redondo mayor, dorsal ancho y pars esternocostal del pectoral mayor. Esta correspondencia es extremadamente interesante, porque permite entrenar específicamente la región anterior del tórax (pectoral mayor), aumentando la longitud y fuerza de brazada, siempre y cuando se generase la energía cinética necesaria durante la fase de propulsión. Para obtener este provecho podemos actuar favoreciendo el depósito de tejido adiposo a nivel axilar, que aumentaría la flotabilidad, pero no sería capaz de producir energía cinética; o bien, trabajaríamos la fuerza o resistencia de los músculos que conforman la axila; y así sería imprescindible incorporar en natación el pliegue axilar como control indirecto de la evolución del desarrollo de la musculatura del segmento corporal mencionado. La longitud de extremidad superior también es responsable del rendimiento deportivo, en función

de un efecto biomecánico de longitud de brazo de palanca, que solo sería efectivo vinculado a una gran potencia muscular de miembro superior, que permitiese vencer la resistencia que ofrece el medio durante la ejecución de los movimientos, de acuerdo al estilo de natación utilizado; así como la longitud de la mano, porque al tiempo que esta se introduce en una región de agua estacionaria, se transmite energía al sistema, permitiendo a los nadadores generar más fuerza de empuje. Esta es la razón por la que utilizan un patrón de impulso en forma de S, buscando continuamente agua estática para que la oscilación de la mano incremente la propulsión frontal, ya que durante esta fase, el agua se reúne en la parte posterior, y es precisamente aquí donde tiene que recorrer más distancia, debido a la morfología del pulgar y al movimiento de la misma. La fuerza resultante de este diferencial de tensiones se dirige hacia la zona baja de presión, originando la fuerza de impulso, fuerza perpendicular a la de arrastre que, además, favorecerá el retorno de la mano, comenzando de nuevo el ciclo descrito. El perímetro torácico-axilar se relacionaría con la hipoventilación que acontece en natación, además de favorecer la flotabilidad corporal.

La composición corporal es imprescindible para definir el morfotipo de los nadadores de alto rendimiento. El efecto gravitatorio terrestre se atenúa notablemente en el agua, perdiendo importancia el porcentaje graso en favor de la masa muscular y ósea. En natación, y más concretamente en varones, existe una relación, directamente proporcional y estadísticamente significativa, entre la masa muscular y la fuerza de propulsión, determinando su mayor importancia como variable considerada de forma unitaria. La musculatura de extremidad superior y tronco es fundamental, por ser la región anatómica involucrada en la biomecánica de la brazada, mientras que los músculos de miembros inferiores solo intervendrían para mantener el cuerpo en la posición más hidrodinámica posible. Por esta razón los estudios que solo tienen en cuenta la masa magra no presentan correlaciones importantes entre composición corporal y éxito deportivo. Pero no hay que olvidar que la natación es un deporte con limitación de potencia que significa que llegado a un grado determinado de desarrollo muscular, los entrenamientos para mejorar justamente la potencia muscular no afectan significativamente al rendimiento, porque si bien los músculos con gran área de sección transversal son capaces de generar esa mayor potencia muscular reseñada, la hiperplasia de los mismos no permitiría aumentar la velocidad, especialmente en distancias cortas. No hay que menospreciar tampoco la trascendencia de la masa ósea, pues tiene una relación inversamente proporcional con la flotabilidad. El porcentaje graso es en cierta medida paradójico porque, según aumenta, favorece la flotabilidad y el desplazamiento del cuerpo sobre el agua, al beneficiar la hidrodinámica por reducción del área de contacto de la superficie corporal y del gasto metabólico de traslación. Asimismo, actúa, en la economía de flotación, y por tanto, su importancia es inversamente proporcional a la distancia recorrida y a la masa muscular. Este porcentaje graso supone un problema tanto para la selección como para el entrenamiento de nadadores de élite, pues los estudios más fiables, aquellos que siguen la metodología propia de los ensayos clínicos, no han podido determinar una relación de la masa grasa con el rendimiento deportivo, lo que unido a la gran heterogeneidad observada en sus somatotipos, hace imprescindible una coordinación adecuada y eficiente con los entrenadores, para ajustar y buscar el morfotipo ideal de cada atleta en particular, según las necesidades coyunturales del cuerpo técnico. En resumen, lo que parece evidente es que no existe un valor concreto de cada uno de los elementos de la composición corporal que de forma aislada determinen el éxito deportivo, sino que sería la correcta conjunción de todos ellos, en forma de distribución por rango de valores, lo que diferenciaría a los mejores nadadores, sin que ello obligue a cualquiera de sus componentes a ser determinantes, bien de forma individual o en valores absolutos, por lo que será necesario incidir otra vez en esa perfecta coordinación con el cuerpo técnico.

La revolución tecnológica ha comenzado a modificar el morfotipo de estos atletas a través de los bañadores. Los trajes de baño completos, frente al hábito clásico del *slip* y la depilación corporal, favorecerían la flotabilidad, al tiempo que reducirían el gasto metabólico necesario para mantener una hidrodinámica adecuada, energía que se aprovecharía en la propulsión del cuerpo sobre el agua. No obstante, para ser realmente efectivos y mejorar el rendimiento, requieren de nadadores más altos, ectomórficos y con menor masa grasa. Este beneficio se ha demostrado especialmente importante en las distancias de 400 m y 1500 m (obteniendo una ventaja media de 18,6 m y 25,7 m respectivamente), porque en distancias menores sería más importante la potencia muscular que la flotabilidad; y en largas distancias se pierde la capacidad para aprovechar la energía sobrante, que se disiparía a través de la superficie corporal.

En la natación se han utilizado una serie de índices propios y característicos de este deporte, como son: (peso/talla) x 100, (longitud de extremidad superior/talla) x 100, (diámetro biacromial/talla) x 100, (diámetro cadera/diámetro biacromial) x 100, talla/edad y longitud pie/talla. Entre ellos, el más importante es (longitud de extremidad superior/talla) x 100, y solo en la modalidad de espalda en mujeres.

Factores de éxito

La única variable cineantropométrica que ha demostrado una relación estadísticamente significativa con el éxito, independientemente de la modalidad deportiva, categoría profesional y género, es la longitud total de extremidad superior, debido a que varios estudios están demostrando últimamente una influencia escasa en el rendimiento de la velocidad y frecuencia de la patada de natación. Cuando analizamos cada uno de los segmentos corporales por separado, observamos que el éxito deportivo igualmente presenta este tipo de concordancias con la longitud de brazo, que incrementaría la propulsión al potenciar el efecto de brazo de palanca, con resultado de un aumento en la longitud y frecuencia de brazada; también influye igualmente la longitud de mano, al aumentar la distancia de brazada por el efecto de propulsión frontal del agua estacionaria que produce el movimiento de la misma, que al transmitir energía cinética al medio, genera mayor fuerza, utilizada para el movimiento de extremidades. Además, cuando va asociada a una gran potencia muscular de miembro superior y tronco, reducirá el coste energético de brazada, siendo igual para todas las modalidades de la natación, pero con especial importancia en braza, que es el estilo más lento. Finalmente, unas piernas amplias intervendrían manteniendo una mejor posición hidrodinámica del cuerpo, que actuaría de una manera indirecta en la frecuencia de brazada.

Las nadadoras de élite se caracterizan por presentar mayor estatura y peso, diferenciándose de una manera estadísticamente significativa de las competidoras de menor nivel.

Desde el punto de vista de la composición corporal, el éxito está relacionado también, desde un punto estadísticamente significativo, con la masa grasa, muscular y ósea, mostrando correlaciones superiores en varones y en aquellas variables que afectan la extremidad superior. El somatotipo, en el sentido que venimos mencionando, dependería de la endomorfia en hombres y la mesomorfia en mujeres.

Todos los factores que venimos exponiendo se manifestarían desde edades tan tempranas como los 14 años, especialmente si han sufrido un desarrollo biológico precoz, favoreciéndose mucho la selección de talentos deportivos. No se han encontrado variables cineantropométricas que definan la velocidad de brazada.

Algunos estudios intentan compaginar la cineantropometría con los principios de la hidrodinámica responsables de las fuerzas de inmersión y la resistencia del agua al movimiento. En este sentido se ha descrito el coeficiente de linealidad o [talla/(volumen corporal)$^{1/3}$] y la relación del cuadrado del diámetro del área de sección o [(talla)^2/área superficie corporal]. Se debe prestar atención, en este aspecto, a los estudios de Carter (1993) en las modalidades de velocidad, donde introduce el Índice Braquial, definido como la relación entre los segmentos corporales que corresponden al antebrazo y brazo, observando que este es más elevado cuanto mayor es el rendimiento de los nadadores, además de señalar una longitud de mano elevada, pues estos parámetros favorecen una propulsión mayor en la brazada.

Natación y género

El dimorfismo sexual es muy importante en natación, puesto que existen grandes diferencias de género. Así, la distribución ginoide del tejido adiposo en las mujeres intervendría aumentando la flotabilidad y reduciendo la resistencia hidrodinámica al desplazamiento sobre el agua, lo que ha hecho postular a muchos autores que estas tendrían una ventaja biomecánica, que con el tiempo, se debería traducir en resultados superiores a los hombres, sobre todo en las modalidades de larga distancia. Asimismo, se han descrito diferencias estadísticamente relevantes en las variables de talla, peso, masa grasa, masa muscular y masa ósea. El somatotipo es muy heterogéneo, y se caracteriza por una endomorfia y mesomorfia muy elevadas, comparativamente diferentes, traduciéndose en un predominio de ectomesomorfos y mesomorfos balanceados en el sexo masculino y endomesomorfos en féminas; y del rendimiento deportivo, donde el componente más determinante del éxito sería la endomorfia en hombres y la mesomorfia en mujeres.

Natación y categoría profesional

Los nadadores de categoría júnior se diferenciarían por una mayor longitud de extremidades, sin que la divergencia entre miembro superior e inferior, ni entre mano y pie, sea tan llamativa como en sus homó-

logos senior; además del grosor de sus pliegues cutáneos, muy altos en general, y en el subescapular en particular. La disparidad entre sexos es absoluta, con diferencias en todas las variables cineantropométricas. Desde el punto de vista del somatotipo, los nadadores son principalmente mesoectomorfos y las nadadoras endomesomorfas.

Los factores cineantropométricos que se relacionan de una manera estadísticamente significativa con el éxito deportivo serían la talla y masa muscular, seguidos de la masa grasa, pliegues cutáneos (especialmente subescapular, tríceps, bíceps y supraespinal), ectomorfia, perímetros torácico-axilar, muslo y pierna, diámetro biileocrestal y mesomorfia; estos dos últimos parámetros especialmente importantes en nadadoras, y es por ello que los nadadores son relativamente más altos y pesados. Exclusivamente en mujeres encontramos correlaciones inversamente proporcionales entre el rendimiento por un lado con la talla sentado y ectomorfia por otro, mientras que las correspondencias son directamente proporcionales con la masa grasa, masa muscular y mesomorfia. Las variables cineantropométricas de extremidad superior, especialmente el perímetro de brazo, se relacionan significativamente con la masa muscular correspondiente, que a su vez determina el consumo de oxígeno.

En categoría júnior, en general y a lo largo de una temporada, aumentan todas las variables cineantropométricas, especialmente talla y masa muscular en hombres; y masa muscular y perímetro de brazo en mujeres; al tiempo que descendería el peso, pliegues cutáneos, de forma estadísticamente significativa en tríceps, bíceps, supraespinal y medial de pierna (con una disminución estadísticamente irrelevante de subescapular y anterior de muslo), perímetro de brazo y pierna en la primera mitad de la temporada, mientras que durante la segunda se acrecentaría la masa corporal y el porcentaje y la masa grasa. Especialmente en las primeras fases predominaría el incremento de peso y el porcentaje graso (sin relación con la masa muscular), reduciéndose en proporciones estadísticamente representativas el pliegue cutáneo de tríceps y el perímetro de pierna. Estos cambios son más llamativos en mujeres y estarían relacionados con una mayor intensidad de entrenamiento al principio de temporada.

Estudios longitudinales

Los estudios longitudinales han demostrado que el mayor rendimiento de un nadador de élite se corresponde con una proporción específica de su composición corporal, que no tiene por qué coincidir con un máximo de cualquiera de sus componentes, es decir, que no necesariamente se ajusta al periodo donde presenta el mayor o menor porcentaje de masa grasa o muscular. En natación, generalmente a lo largo de la temporada, aumentan todas las variables cineantropométricas, especialmente la masa muscular, principalmente en miembro superior y tronco; mientras que se reduce el porcentaje graso, principalmente en extremidad inferior, permaneciendo constante la ectomorfia. A lo largo de los últimos 25 años, el nadador ha aumentado en talla y peso, mientras que en los postreros 50 años el somatotipo de los deportistas de media distancia ha evolucionado hacia la ectomesomorfia.

En la composición corporal también hay que matizar las diferencias debidas a la edad, sobre todo entre los atletas de alto rendimiento adultos y adolescentes. Las hormonas sexuales, en el periodo de pubertad tardía, incrementan la masa magra, acompañándose al mismo tiempo de un descenso de masa grasa. Por otro lado, el entrenamiento sistemático en natación no puede compensar el aumento de masa grasa que se produce en las chicas, inducido por la adolescencia; así, Faulkner describió que las nadadoras entre 12 y 17 años acrecientan de una manera estadísticamente significativa el grosor de los pliegues y la grasa subcutánea hecho que todavía no ha podido ser relacionado con estos factores hormonales, ni con la reducción de cargas de entrenamiento en función de la edad, o con la combinación de ambos procesos. La natación, pese a ser un deporte que potencia la masa muscular, no conlleva un crecimiento de la masa ósea porque el cuerpo se desplaza en un medio más denso que el aire.

Natación y modalidades deportivas

La fuerza de arrastre es mayor en la superficie (interfase aire-agua) y depende de la resistencia del medio a la posición corporal, siendo menor cuanto mayor es la horizontalidad del cuerpo, posición más hidrodinámica, lo que obliga a dar las brazadas lo más próximas posible a la superficie. La natación bajo el agua es más rápida (un dominio de esta situación otorga ventaja en la salida y giros en la modalidad de espalda -beneficio de unos 15 m- o braza y mariposa -límites no determinados-).

La talla y la composición corporal, en las categorías de velocidad, muestran una correspondencia con el rendimiento deportivo, así los nadadores de estilo libre, crol y espalda son los más altos, pesados, de mayor envergadura y longitud de extremidades, variables inversamente proporcionales a la distancia de competición, y sin embargo, paradójicamente, no presentan significación estadística con la longitud de mano. Los velocistas muestran la mayor masa muscular, relacionada con la potencia de los músculos, que no solo se utilizará para la propulsión frontal, sino también para vencer la fuerza de arrastre, aunque, incongruentemente, dicha masa muscular no produce mayor potencia si se compara con los nadadores de media distancia (proceso especialmente más llamativo en categoría júnior) donde, además, las equivalencias no existen para el sexo masculino; empero, es importante mencionar como en féminas se relaciona el rendimiento deportivo con la talla, porcentaje de masas grasa y magra, mesomorfia y ectomorfia, incluso sin que concurran variaciones a lo largo de una temporada, originando un importante dimorfismo sexual que se traduce como diferencias en talla, peso y longitudes de brazo y pierna, y que cuando las trasladamos a las modalidades de velocidad, determinan una brazada superior en varones y, sin embargo ,la frecuencia de patada originada por el miembro inferior es equivalente en ambos sexos.

Las diferencias entre los nadadores de velocidad y media distancia se manifiestan en la menor longitud de muslo de los primeros, sin diferencias estadísticamente representativas en las dimensiones de pierna, lo que permite transferir el momento cinético del muslo a la pierna, originando una velocidad lineal adicional a una homónima velocidad angular en el extremo distal de los miembros inferiores, que actuaría entonces como un brazo de palanca de tercera clase, tomando como eje los músculos motores del muslo, favoreciendo la eficacia biomecánica de la patada en la natación de velocidad y produciendo una ventaja que no aparece en la media distancia. Todo ello refrendándose por los resultados del índice crural [(longitud de pierna/longitud de muslo)x100], superiores en velocistas, frente a los competidores de media distancia. Los nadadores de larga distancia son los más bajos y ligeros y, únicamente en mujeres, las de menor peso.

La natación tipo estilo-libre, fundamentalmente crol, es la que presenta menor diferencia cuando comparamos la longitud de mano y pie, al tiempo que muestra una relación estadísticamente significativa del rendimiento deportivo con la talla, envergadura y la longitud de brazo, directamente proporcional para varones e inversamente distribuido en el caso de nadadoras; paradoja que se explica porque las mujeres con extremidades largas no tendrían la fuerza suficiente para aprovechar dicha ventaja biomecánica, y este fenómeno se ha observado en féminas tanto para las pruebas de velocidad como para las de resistencia. Desde el punto de vista de la composición corporal, son los de mayor porcentaje muscular y menor porcentaje graso, donde el sexo femenino presenta más tejido adiposo y peso residual, mientras que los varones tienen una masa muscular más elevada, siendo el porcentaje óseo equivalente. Estas características han originado una controversia centrada en el porcentaje graso, así los valores más bajos en velocistas, comparados con los de largo recorrido, implicarían para algunos autores una menor flotabilidad; mientras que otros trabajos contradicen esta aseveración basándose en un porcentaje equivalente hallado para los nadadores de media distancia, al tiempo que la diferencia en masa muscular se mantiene constante en ambos. Intentan confirmar esta diferencia por la evidencia de que los nadadores con masas musculares superiores, a igualdad de porcentaje graso, invierten menos tiempo en recorrer una distancia determinada. Los cambios a lo largo de una temporada se traducen en el peso, que se modifica en la segunda mitad de la misma, mientras que no varía al principio, pese a aumentar la masa muscular a costa de la masa grasa. La categoría júnior no presenta diferencias de género ni por rendimiento deportivo, con gran similitud entre los nadadores de élite y el resto, modificándose exclusivamente el porcentaje graso a lo largo de la temporada.

50 m Estilo Libre, 100 m Estilo Libre, 200 m Estilo Libre, 400 m Estilo Libre masculino y femenino, 200 m Estilos, 400 m Estilos masculino y femenino, 4x100 m Relevos Estilo Libre, 4x200 m Relevos Estilo Libre masculino y femenino y 4x100 m. Relevos Estilos masculino y femenino

La variable cineantropométrica que tiene mayor relación con el éxito deportivo es la longitud de mano; aunque también se han encontrado correspondencias estadísticamente significativas, pero de menor equivalencia, con la talla, envergadura, diámetro biacromial y longitud de ambas extremidades. En las especialidades de 100 m y 200 m, en categoría júnior, los factores que se han descrito responsables del éxito serían la talla y el peso en general, y de la longitud de pie en 100 m, mientras que en 200 m serían la envergadura y longitud de pie en varones, y exclusivamente la envergadura en féminas.

1500 m Estilo Libre masculino y 800 m Estilo Libre femenino

El factor determinante en ambos sexos es la longitud de mano. En mujeres llama la atención, por la distribución ginoide de tejido adiposo, los elevados pliegues grasos, sobre todo de bíceps, antebrazo, medial de pierna, supraespinal y abdominal; y el mayor tamaño proporcional de los diámetros biileocrestal y bicondíleo de fémur y perímetros de brazo relajado, brazo contraído, antebrazo y muslo.

100 m Espalda y 200 m Espalda masculino y femenino

Los nadadores de espalda junto con los de velocidad, son los más altos y pesados (mayor masa muscular), aunque el coste energético de brazada o "economía de esfuerzo" en espalda supera en un 11% al de crol. La velocidad media de carrera estaría relacionada de una manera estadísticamente significativa con la longitud de extremidad superior, talla, envergadura y peso, respectivamente, al igual que con el VO_2max., según una distribución de tipo lineal (este VO_2max. asimismo se correspondería con la masa corporal, estatura y envergadura); aunque sorprendentemente no ocurre lo mismo con la longitud de brazo y mano. El ritmo y la distancia de brazada, esta última especialmente importante en espalda, paradójicamente, no estarían correlacionadas con la longitud de miembro superior y consumo de oxígeno, pero sí con la talla, envergadura y composición corporal. Cuando consideramos las dos especialidades de espalda por separado, se puede comprobar como los competidores de 200 m tienen una relación estadísticamente significativa con la envergadura mucho mayor que los de 100 m.

100 m y 200 m Braza masculino y femenino

Los bracistas masculinos son los más bajos. El factor más determinante es la longitud de mano y, en menor medida, la talla y longitud de miembros, tanto en hombres como en mujeres; y la longitud de extremidad superior exclusivamente en varones.

100 m y 200 m Mariposa masculino y femenino

Los nadadores de mariposa son muy similares a los de estilo libre pero con unos valores inferiores en las variables cineantropométricas. Las mariposistas son las de menor talla, diámetro biileocrestal y longitud de extremidades, coincidiendo en este último parámetro con los nadadores de larga distancia y, sin embargo, la variable que más influye en el rendimiento deportivo es la longitud de miembro superior, tanto en hombres como en mujeres, y longitud de miembro inferior solo en el sexo femenino. Este morfotipo le da una ventaja biomecánica basada en el principio de Bernoulli, al reducir la fuerza de arrastre, expeliendo al nadador hacia delante; propulsión favorecida por el movimiento de remo de la mano en el agua, que se potencia por un ángulo de entrada oblicuo al de la dirección de movimiento, originando una elevación frontal que impulsa el cuerpo.

Maratón 10 km (aguas abiertas) masculino y femenino

Esta modalidad deportiva se incorporó por primera vez en los Juegos Olímpicos de Pekín 2008, siendo muy joven en el ámbito olímpico. Todos los estudios cineantropométricos coinciden en que los nadadores de dicha modalidad son más bajos y de menor peso que sus homólogos de piscina.

Waterpolo (masculino y femenino)

El waterpolo se diferencia fundamentalmente de las otras categorías dentro de la natación en el tiempo que los deportistas requieren mantenerse en posición vertical, y horizontal o recumbente (45-55% del tiempo de juego), periodo delimitado en función de la distribución de los jugadores en la piscina y la táctica de juego seleccionada. Es un deporte metabólicamente mixto (curiosamente desde este punto de vista similar al baloncesto) donde el metabolismo aeróbico no intervendría en el éxito deportivo al suministrar la mayor parte de la energía que se requiere para aguantar el partido y evitar la fatiga muscular (50-60% del total del juego), mientras que el anaeróbico láctico (10-15%) otorga la fuente necesaria para que el anaeróbico aláctico (30-35%) permita ejecutar la serie de movimientos técnicos explosivos, entre 7 s y 14 s de duración, que si generan las acciones más determinantes.

Los jugadores de waterpolo son peores nadadores que los de las modalidades anteriormente descritas, y no está bien establecido si es consecuencia de una peor técnica o de factores cineantropométricos relacionados con la flotabilidad; porque se ha observado que un aumento de la distancia y fuerza de brazada no mejora su rendimiento. Este hecho es importante porque la longitud de brazo y antebrazo dicta la ventaja del efecto biomecánico de palanca producido por estas articulaciones y los músculos asociados a ella, afectando la fuerza y velocidad del movimiento del brazo de dicha palanca y, por tanto, la velocidad de lanzamiento de la pelota. La talla no es una variable cineantropométrica determinante, en parte porque al ser un deporte colectivo, pierde importancia el atleta individual sobre las consideraciones tácticas del equipo en general; pero algunos autores han querido relacionarla con la velocidad de ejecución del tiro, aunque su equivalencia estaría más bien determinada por la amplitud del brazo de palanca en el sentido ya mencionado, y con la envergadura, que permitiría recepcionar el balón con mayor facilidad o proporcionaría mayor área de proyección frontal en acciones defensivas. El peso actuaría favoreciendo el gesto técnico del lanzamiento al estar la masa corporal sustentada por el agua. Estas características cineantropométricas ayudan a explicar asimismo la naturaleza de los jugadores júnior de élite, más altos y pesados comparados con aquellos menos competitivos.

Desde el punto de vista de la composición corporal nos hallamos ante los nadadores con mayor porcentaje de grasa y masa muscular entre el conjunto de todos ellos. El depósito de tejido adiposo, sobre todo en lo que se refiere al tronco, aumentaría su flotación. Por otro lado, existiría una relación entre la masa magra y la velocidad de tiro, porque estos jugadores requieren una gran masa muscular, tanto en tronco y extremidad superior, que proporcione respectivamente la estabilidad del cuerpo que permita realizar lanzamientos de mayor potencia; y en miembro inferior favorece el juego estático mejorando la sustentación sobre las extremidades. Es paradójica la masa ósea tan exigua que presentan estos deportistas, muy escasa comparada con la de la mayoría de los atletas, lógicamente minimizada por el medio donde se desenvuelve este deporte, sugiriendo que existirían unos factores todavía desconocidos, pero entre los que se mencionan los de tipo socioeconómico y cultural, como la dieta (sobre todo la baja ingesta de calcio y vitamina D); la homeostasis hormonal; los años de profesionalismo y los factores genéticos, que se impondrían a la carga mecánica que se ejerce sobre la masa muscular a lo largo de los años de entrenamiento y competición.

Factores de éxito

El waterpolo se ve favorecido de manera estadísticamente relevante por ciertas variables cineantropométricas, como son una longitud de extremidades considerable, y gran amplitud de los diámetros de tronco (biacromial y biileocrestal) y miembro superior (biepicondíleo de húmero y biestiloideo). El tamaño de la extremidad superior es proporcionalmente el más grande de todos los nadadores, especialmente el de antebrazo, mientras que el diámetro biepicondíleo de húmero es también el mayor entre todos los atletas de élite, de una manera estadísticamente significativa e independientemente de su modalidad deportiva. Esto se debe a que existe una relación igualmente importante en términos estadísticos entre la longitud total de miembro superior (no así la extensión de sus componentes sectoriales, brazo, antebrazo o mano por separado) con la brazada de natación, y la velocidad de ejecución del lanzamiento, consecuencia del efecto de brazo de palanca durante el tiro; que necesita de una gran envergadura y anchos perímetros de extremidad superior. Debido a la necesidad de mantener una posición erguida en numerosas fases del juego, la longitud de miembro inferior también es mayor que la de otros nadadores, al igual que lo son sus perímetros.

Waterpolo y posición en piscina

Los jugadores de waterpolo, según sus propiedades cineantropométricas, se dividen en: porteros, jugadores centrales y alas.

Los porteros tienen unas características propias que los hacen muy diferentes al resto de los jugadores de piscina. Requieren mantener el cuerpo en sustentación de forma ostensible durante largos periodos del partido, al tiempo que precisan movimientos simultáneos y muy rápidos de brazos para blocar y detener los lanzamientos, demandando para ello una gran masa muscular, tanto en miembros inferiores, para elevar y mantener el tronco erguido sobre el agua, como en miembros superiores, con el objetivo de parar los tiros. Estas necesidades fomentan un morfotipo especial, siendo los porteros los deportistas más altos desde una perspectiva estadísticamente representativa; al tiempo que presentan mayor envergadura,

longitud de extremidad superior y musculatura. Estas características obligan a desarrollar asimismo una gran masa ósea, muy elevada con respecto al resto de waterpolistas. Los porteros masculinos son los más altos y ligeros, mientras que las mujeres tienen una talla similar al del resto de los componentes del equipo.

Los jugadores de piscina son muy heterogéneos. Todos demandan grandes masas musculares, sobre todo en forma de potencia de extremidad inferior, para el impulso vertical del cuerpo durante el lanzamiento. No existe una relación de las longitudes y fuerza de extremidad superior con la velocidad de tiro, por lo que la efectividad del mismo depende exclusivamente de la técnica de ejecución. Los jugadores centrales son más altos, pesados y de mayores longitudes, diámetros y perímetros que los alas. La composición corporal es homogénea en todas las posiciones, tanto en hombres como en mujeres.

Estudios longitudinales

La evolución en los últimos 25 años ha mostrado un aumento de la talla, envergadura y longitud de extremidades, con hombros más anchos y cinturas más estrechas. El peso no se ha modificado porque se ha incrementado la masa muscular a costa de una reducción de la masa grasa.

Saltos: 10 m Plataforma y 3 m trampolín masculino y femenino, 10 m Plataforma sincronizada y 3 m Trampolín sincronizado masculino y femenino

Los saltadores son deportistas que cineantropométricamente se asemejan mucho a los gimnastas y, por tanto, tienen pocas características comunes con los nadadores y jugadores de waterpolo, conformando un morfotipo de atletas bajos, ligeros, de anchos diámetros biacromial y antero-posterior de tórax y perímetro de brazo; y estrechos diámetro biileocrestal y perímetro de muslo. Los saltadores de trampolín solo se diferencian de los de plataforma en que son ligeramente más altos.

Una estatura baja es un factor de ventaja, pues permite al cuerpo desarrollar velocidades angulares altas y, por tanto, realizar un mayor número de movimientos técnicos por unidad de tiempo. Si añadimos un bajo peso a la estatura y una alta ectomorfia, el beneficio es mucho mayor, especialmente en plataforma, donde los ejercicios durante la fase de vuelo son más determinantes y, además, en la fase de entrada al agua salpican menos; todo ello sin olvidar el componente estético, muy importante en esta disciplina acuática. La longitud de miembros no concita un consenso generalizado. Una extremidad superior corta, especialmente relevante en la biomecánica del salto de trampolín, reduce el momento de inercia, que unido a un momento angular constante, incrementa la velocidad angular, facilitando giros rápidos y mayor número y velocidad de ejercicios durante el salto; mientras que los miembros superiores largos favorecen la ventaja biomecánica al iniciar los movimientos de rotación en la fase de vuelo, además de mejorar la estética de las acrobacias. Las extremidades inferiores cortas permiten giros más veloces en la posición de carpa, y la permuta más rápida a posiciones con piernas recogidas; mientras que los miembros inferiores largos tienen una ventaja biomecánica en el inicio de los giros, igualmente beneficiando la elegancia del movimiento. La paradoja se suscita cuando observamos los saltadores de élite, donde la longitud de extremidad superior, principalmente brazo y envergadura, son muy elevadas en relación con la longitud de tronco, con bajos perímetros de miembros, lo que se explicaría en función del efecto de entrada al agua, ya que dichas características desplazan menos cantidad de líquido, lo que conlleva mayor puntuación.

Existe también cierta controversia cuando describimos la composición corporal y el somatotipo de estos deportistas. Los saltadores se describen con un bajo porcentaje graso, pero no porque ofrezca ningún tipo de superioridad evidente desde el punto de vista biomecánico o cineantropométrico, sino más bien por las razones estéticas expuestas, con el fin de obtener mayor puntuación por parte de los jueces; una gran masa muscular y mesomorfia, que en principio se opondrían a la correcta biomecánica del salto, pero conviene que sea lo suficientemente elevada como para generar la potencia adecuada durante la fase de despegue o impulso, de tal forma que permita obtener la mayor altura posible, con el fin de desarrollar el momento angular necesario para realizar los ejercicios durante la fase de vuelo, lo que nos indica la gran importancia que tiene el impulso en la ejecución final de los saltos.

En salto se ha descrito la proporción absoluta como el índice diámetro de antebrazo corregido/talla, el índice esquelético como (talla-talla sentado)x100/talla sentado, el índice braquial como (longitud de brazo/

longitud de antebrazo)x100, el índice sural como (longitud de muslo/longitud de pierna)x100 y el índice andrógino como (diámetro biacromialx3)-diámetro biileocrestal.

Factores de éxito

Las variables cineantropométricas que determinan el éxito deportivo en salto son las fenotípicas por tanto, fácilmente transformables frente a las genotípicas, altamente inmutables y de versatilidad escasa. El saltador de élite, en ambas categorías profesionales, se caracteriza por ser bajo y con gran masa muscular. Los factores cineantropométricos, por tanto, responsables del éxito deportivo serían: el grosor y sumatorio de los pliegues cutáneos, especialmente tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, anterior de muslo y medial de pierna; seguidos del peso; los perímetros de cuello, cadera y antebrazo; y, finalmente, el somatotipo. Los atletas más competitivos se manifiestan por una menor estatura y porcentaje de grasa en varones; y mayor estatura, pero con menos peso y porcentaje graso en mujeres. El dimorfismo sexual también afecta las variables cineantropométricas de talla sentado y longitudes de brazo, pierna y pie.

Saltos y género

Los saltadores masculinos son más altos y pesados, con mayores alturas, longitudes, diámetros y perímetros, sin embargo, las longitudes y diámetros no nos sirven para clasificarlos por género, especialmente los de tronco (excepto el diámetro biileocrestal, que es muy semejante) y los de extremidad superior (excepto la longitud de brazo y mano, igualmente similares); y menor talla sentado, sumatorio y grosor de pliegues cutáneos (excepto supraespinal, también equivalente). Estas diferencias, si bien no son estadísticamente significativas, sí jugarían un papel muy importante, pues traducen un morfotipo masculino con menor porcentaje graso y endomorfia, y mayor mesomorfia. Al analizar los pliegues cutáneos en el sexo femenino, donde son más elevados, se observa que proporcionalmente existe un predominio de los miembros sobre el tronco.

La diferencia en el rendimiento entre hombres y mujeres podría estar en el menor peso y en un perímetro de extremidad superior más estrecho, que refleja menos masa muscular, afectando el momento angular de la fase de despegue o impulso de los saltos que parten desde una posición sobre las manos (pino).

Saltos y categoría profesional

Los saltadores júnior son muy similares a sus homólogos senior (bajos, ligeros, con hombros anchos y cadera estrecha), diferenciándose de ellos en: talla, peso, porcentaje de grasa, y pliegue abdominal, este último exclusivamente en mujeres. Las características señaladas facilitan mucho la selección de talentos, pues nos permiten diferenciar los deportistas de élite desde una edad tan temprana como los 12 años. Sin embargo, no conviene olvidar que los varones de categoría júnior muestran una diferencia con los adultos muy significativa, representada por una mayor talla sentado y menor longitud de pierna entre los 13-15 años, que desaparece generalmente a los 16 años, porque en esa edad es cuando se produce un pico de crecimiento muy rápido, que comienza axialmente en miembros inferiores, originando un dimorfismo sexual en: talla, talla sentado, longitud de extremidades, donde los varones tienen comparativamente brazos y muslos más largos que antebrazos y piernas respectivamente (mientras que en féminas la dimensión de pierna es mayor frente a la de muslo en todas las edades), pliegues cutáneos, especialmente tríceps, anterior de muslo y medial de pierna; diámetros biacromial, biileocrestal, biepicondíleo de húmero, bicondíleo de fémur y bimaleolar; con menor porcentaje graso y óseo, y mayor porcentaje muscular. La evolución a lo largo del tiempo muestra un aumento de masa muscular en hombres, mientras que en el sexo femenino no se modifica hasta un rango de edad comprendido entre los 16-18 años, a partir de ahí se incrementará hasta porcentajes que rondan el 40%, para luego estabilizarse y mantener un crecimiento posterior reducido pero gradual.

Natación sincronizada: Dúo y Competición por Equipos femenino

Las atletas de natación sincronizada se caracterizan cineantropométricamente por tener una longitud de muslo proporcionalmente muy alta y diámetros muy estrechos, principalmente biestiloideo, bicondíleo de fémur y bimaleolar; que junto a una masa ósea muy baja discriminarían las deportistas de élite. La nata-

ción sincronizada favorece longitudes muy grandes y diámetros muy estrechos, traduciendo un morfotipo con escaso porcentaje óseo y alta ectomorfia, que no solo potenciaría la flotabilidad, sino que originaría un aspecto estético muy demandado por los jueces, mejorando la puntuación final.

Esta modalidad acuática es paradójica en sí misma, pues el beneficio que obtenemos de una mayor flotación debería potenciar nadadoras con un alto depósito de tejido adiposo; pero al ser determinante la calidad artística en la puntuación final, nos encontramos con el contrasentido de tener que buscar morfotipos que tengan éxito deportivo, alejándonos de los parámetros cineantropométricos y biomecánicos que en teoría incrementarían el rendimiento, en aras de favorecer el aspecto estético, de importancia capital sobre todo en las especialidades individual o de pareja. La masa muscular tiene mayor importancia que en el resto de las modalidades de natación, para compensar este déficit de flotabilidad a expensas de una mayor potencia muscular; al igual que ocurre con la masa ósea, buscando la menor densidad posible del tejido esquelético que, por otro lado es el más sólido, para favorecer la ejecución de figuras fuera del agua más fácilmente, y por tanto, transformándose en un factor de selección de talentos para este deporte. Se ha comprobado que la masa ósea es muy semejante a la de las nadadoras de velocidad, también diferenciándose de ellas en la mayor masa y porcentaje graso de estas últimas, sin que la disparidad sea en ningún momento estadísticamente significativa. Así hemos resuelto la contradicción aparente de que siendo un deporte donde la flotabilidad es muy importante, las atletas de élite tienen un porcentaje de grasa y masa ósea menor que el resto, al tiempo que una mayor masa muscular. Asimismo, dificulta la selección de talentos el hecho de que no existen variables cineantropométricas que las diferencien de sus congéneres por edad y sexo, salvo quizá el porcentaje óseo.

11.2.17. Pentatlón moderno (masculino y femenino)

El pentatlón moderno es un deporte que consta de cinco estilos muy diferentes entre sí: hípica (concurso de salto con 15 obstáculos en 600 m), esgrima, natación (200 m estilo), tiro (20 tiros, en cuatro series de cinco tiros, a una diana separada 25 m) y atletismo (2 km campo a través o *cross country*). Las modalidades que tienen mayor influencia en la puntuación final son la hípica y la esgrima, mientras que las de menor importancia son la natación y el tiro.

El morfotipo de los pentatletas debiera estar representado por un deportista que combinase de forma óptima las características cineantropométricas de cada uno de las deportes representados, con un predominio de las variables correspondientes a las modalidades que tendrán mayor trascendencia en el resultado final. El pentatleta de élite actual es un deportista alto, pesado, de bajo porcentaje graso y gran masa muscular. No existe dimorfismo sexual, ni diferencias con respecto a la categoría profesional, dificultando considerablemente la selección de talentos.

En el sexo femenino, el peso y la talla son elevados, superiores a las corredoras, nadadoras, esgrimistas y amazona. Desde el punto de vista de la composición corporal, presentan bajos porcentajes grasos, con las féminas en una situación intermedia entre corredoras y nadadoras. El somatotipo medio es mesoectomorfo, con un componente mesomórfico situado en los valores más altos, si bien podemos encontrar atletas mesoendomorfos, ectomesomorfos y, en menor medida, mesomorfos balanceados, endomesomorfos y ectomorfos balanceados. Las mujeres presentan un somatotipo ectomesomorfo, asemejándose en este caso a una nadadora muy ectomorfa; o mesoendomorfo, análogo entonces a una corredora de gran endomorfia; por tanto, menos mesomórficas y más endomórficas que sus homólogos masculinos.

Las variables cineantropométricas que determinan el éxito deportivo (representando aproximadamente el 40% del total de los factores que intervienen en este) serían directamente proporcionales a los diámetros biacromial y biepicondíleo de húmero, y se corresponden de una manera inversamente proporcional con el porcentaje de grasa, endomorfia y grosor y suma de pliegues cutáneos, especialmente pectoral, axila, subescapular, supraespinal, suprailíaco, abdominal, bíceps y medial de pierna. La puntuación final tiene una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa con los diámetros biacromial y biepicondíleo de húmero, e inversamente proporcional con el sumatorio de pliegues cutáneos; mientras que el análisis de cada una de las modalidades deportivas individualmente muestra una correspondencia significativa entre la puntuación total, esgrima, hípica y atletismo con los pliegues cutáneos, porcentaje graso y endomorfia; de la natación con los diámetros; del atletismo y la hípica con los pliegues cutáneos;

del tiro con el diámetro bicondíleo de fémur y, finalmente, del atletismo con la talla, peso, longitud de brazo, sumatorio de pliegues cutáneos, diámetro bicondíleo de fémur y perímetro de pierna.

11.2.18. Piragüismo (canoa y kayak)

Se define el deporte de canoa como aquella modalidad del piragüismo que se realiza en embarcaciones abiertas, apoyado en una rodilla y utilizando un remo de una sola pala. El kayak, por el contrario, requiere remar en una piragua cerrada, sentado y utilizando un remo de doble pala.

Los canoistas tienen un metabolismo eminentemente aeróbico, con un elevado consumo de oxígeno, mayor a medida que aumenta la distancia recorrida. La modalidad de kayak se diferencia por una influencia mayor del metabolismo anaeróbico frente al aeróbico, incluso en los recorridos más amplios, consecuencia de los métodos de entrenamiento utilizados, que combinan fases de resistencia con periodos de velocidad y de gran intensidad anaeróbica.

Aguas tranquilas: Canoa: C-1 (canoa individual 500 m y 1000 m) masculino y C-2 (canoa dobles 500 m y 1000 m) masculino
Kayak: K-1 (kayak individual 500 m y 1000 m) masculino, K-1 (kayak individual 500 m) femenino, K-2 (kayak dobles 500 m y 1000 m) masculino, K-2 (kayak individual 500 m) femenino, K-4 (kayak a cuatro 1000 m) masculino y K-4 (kayak a cuatro 500 m) femenino

Los piragüistas, cineantropométricamente, se caracterizan por ser atletas altos, pesados, con elevada talla sentado, longitudes de extremidad superior, tanto total como parciales, muy largas, diámetros de tronco y muñeca amplios (biacromial y biestiloideo), perímetros anchos (especialmente torácico-axilar, brazo relajado y brazo contraído), bajo porcentaje graso y una gran masa magra. Los que compiten en las distancias más cortas se caracterizan porque, si bien muestran igualmente longitudes de miembro superior grandes, proporcionalmente la longitud de brazo y el perímetro torácico-axilar es mayor, además de presentar caderas más estrechas, porcentajes grasos más bajos y una ectomorfia superior. Los kayakistas serían deportistas más altos y pesados que los canoistas, con una talla sentado y longitud de extremidad superior e inferior más amplia, si bien comparativamente la longitud de brazo es menor.

El rendimiento se ve favorecido por el tamaño de la extremidad superior, especialmente de brazo y antebrazo, pero en términos relativos y no absolutos, porque aumentarían la amplitud de palada por el efecto biomecánico de brazo de palanca, si se tiene la potencia suficiente para sostener el ritmo durante la carrera. Para ello se precisarían también grandes diámetros y perímetros de brazo y antebrazo, que se corresponde en piragüistas con una elevada masa muscular, prerrequisito imprescindible para generar la energía cinética suficiente que permita el desplazamiento y, asimismo, con el área de sección transversal muscular, que es directamente proporcional a la fuerza desplegada por dichas extremidades y, consecuentemente, a la velocidad imprimida a la embarcación. La talla también ofrecería una ventaja competitiva, sobre todo si se acompaña de una elevada envergadura y talla sentado, por el mismo efecto de palanca mencionado. Paradójicamente, en la modalidad de kayak el consumo de oxígeno medido en función de la masa corporal desmiente la aseveración precedente, porque no se ha demostrado una reciprocidad entre la altura y el rendimiento, lo que puede explicarse fácilmente si tenemos en cuenta que, como función de otras variables, conlleva un aumento de peso, por tanto la piragua se hunde más, se incrementa la resistencia al movimiento, y se requiere más energía cinética para realizar desplazamientos equivalentes. Por otro lado, la estatura presenta una relación extremadamente sorprendente, pues ocasionalmente se asocia de manera inversamente proporcional con un porcentaje de grasa bajo y es, precisamente entonces, cuando este escaso depósito de tejido adiposo depende, en una correspondencia ciertamente incongruente, de la fuerza de los músculos extensores del tronco, que es uno de los grupos musculares que determinan el éxito deportivo. No obstante, podremos evidenciar cómo todos estos tipos de interacciones recíprocas serían consecuencia de la metodología de entrenamiento empleada, más que de equivalencias puras entre segmentos corporales. La masa muscular interviene, principalmente en la modalidad de kayak, para otorgar una adecuada aceleración al comienzo de la carrera, perdiendo relevancia en las fases intermedias, donde se mantiene un ritmo de palada constante, y como es lógico, siendo determinante en los últimos metros de competición, donde vuelve a incrementarse la velocidad con el objeto de obtener la victoria; al tiempo que la masa grasa, en una proporción conveniente y fundamentalmente de distribución central, mejora la estabilidad en la piragua, especialmente en las canoas.

El somatotipo medio es endomesomorfo, en el que la endomorfia sería más importante en la modalidad de canoa porque contribuiría a mantener el equilibrio sobre la embarcación.

Factores de éxito

Determinar las variables cineantropométricas responsables del éxito deportivo es extremadamente difícil, como se puede comprobar por el hecho de que algunos piragüistas han sido campeones tanto en recorridos cortos (500 m) como en largos (maratón). La razón la encontramos en el hecho de que las distancias menores requieren un tiempo mínimo de aproximadamente 45 s, mientras que otros deportes, como por ejemplo el atletismo, recorren sus trayectos más breves en menos de 10 s, por lo que el metabolismo aeróbico que precisan estos atletas es mayor. El rendimiento en la modalidad de kayak dependería de la envergadura, la talla sentado, el grosor y sumatorio de pliegues cutáneos, el diámetro biacromial, el perímetro torácico-axilar y el peso; mientras que el éxito deportivo tiene una relación estadísticamente significativa con los perímetros de brazo y antebrazo; estatura y masa muscular. Las variables cineantropométricas que lo determinan en la categoría de canoa serían los diámetros biacromial, bicondíleo de fémur y biepicondíleo de húmero; la envergadura; la talla y talla sentado respectivamente. En piragüismo existiría dimorfismo sexual, no tanto porque los factores que intervienen en el rendimiento de las mujeres sean muy diferentes con respecto a sus homólogos masculinos, sino porque aquellas que expresan la fuerza y potencia muscular son más determinantes en hombres, en la modalidad de kayak, seguido del eslalon; mientras que en féminas se invierte esta relación, predominando entonces en la categoría de eslalon; y además encontramos cómo en el kayak femenino, el metabolismo anaeróbico es más importante para el éxito deportivo que los parámetros cineantropométricos, hecho que no ocurre en varones, puesto que tendrían mayor influencia otros elementos, como serían el efecto de la inmersión de la embarcación en el agua o la estabilidad sobre la piragua. El estudio bilateral de estos deportistas es igualmente imprescindible, pues la victoria final también depende de la homogeneidad de la palada, especialmente en canoa, donde estamos considerando una técnica que requiere la alternancia de lado cada 14-15 paladas y, por tanto, los piragüistas menos competitivos demuestran una dominancia clara en una de las extremidades superiores, con un desequilibrio muy marcado en la musculatura flexora y extensora del hombro; que incluso ha hecho postular a algunos autores que sería la causa por la que las mujeres son más lentas en carrera, ya que en ellas se han descrito dominancias mucho más marcadas, compensando un déficit técnico y de masa muscular por un peso más bajo.

Estudios longitudinales

El entrenamiento de estos deportistas más frecuentemente descrito en la bibliografía, consta de varios periodos. El primero se centra en la condición física en general, potenciando la fuerza y resistencia muscular, así como la capacidad aeróbica del piragüista, lo que se traduce cineantropométricamente en un aumento del peso a costa de la masa muscular y un descenso del porcentaje graso, aspectos más marcados en los canoistas. La segunda fase otorga al principio más importancia incluso al entrenamiento aeróbico y a la eficacia del sistema cardiovascular, con ejercicios de velocidad y resistencia en distancias que varían entre 400 m y 3000 m, mientras que finalmente se realiza una preparación en agua para trabajar la técnica y mantener la forma física; siendo en esta época donde se produce la reducción de peso, por pérdida no solo de tejido adiposo, sino también de masa muscular. Paradójicamente, la fuerza muscular no se modificaría a lo largo de una temporada en términos absolutos, porque lo que realmente ocurre es un incremento y posterior pérdida de la misma, especialmente en extremidades superiores (musculatura flexora y extensora del codo). Esto se acompaña de un aumento de potencia muscular, estadísticamente significativa, en los músculos extensores del tronco (y en el límite de la importancia estadística en la musculatura abdominal), en el periodo principal de entrenamiento. No hay que olvidar que existe un descenso de la masa magra que no afecta al rendimiento deportivo, incongruencia resultante de utilizar un modelo bicompartimental en los estudios realizados, porque nos impide saber si ocurriría como consecuencia de una pérdida de masa muscular en extremidades inferiores durante el segundo ciclo de entrenamiento, más específico de la modalidad deportiva, o afectaría a todos los grupos musculares en general; circunstancia muy importante, porque el hecho de no disminuir el rendimiento, no implica necesariamente que no pueda actuar frenando una potencial progresión deportiva.

La evolución en los últimos 50 años ha estabilizado recientemente la altura de las mujeres kayakistas en torno a los 170 cm de altura tras una primera fase de progresión lineal, mientras que durante los últimos 25 años se ha mantenido un incremento progresivo de la mesomorfia.

Eslalon (aguas bravas): Canoa: C-1 masculino y C-2 masculino
Kayak: K-1 masculino y femenino

Las características cineantropométricas básicas y el morfotipo descritos en el apartado anterior para los piragüistas de kayak y canoa son aplicables en la especialidad de eslalon. Las variables cineantropométricas de talla, talla sentado, envergadura y longitud de extremidades, especialmente superior, serían más determinantes para el éxito deportivo en el sexo femenino que en el masculino. En esta modalidad se ha descrito asimismo un índice braquial elevado.

11.2.19. Remo (*scull y sweep oar*)

Los remeros de *scull* se diferencian de los *sweeping* en que los primeros son aquellos que bogan con un remo en cada mano, mientras que los segundos sujetan la pala con ambas manos a un lado de la embarcación. Los remeros, en mayor medida de lo que ocurre con los piragüistas, contradicen la norma clásica de los deportes de resistencia y predominio aeróbico (que mantienen su energía de carrera a un ritmo constante con una aceleración final), al imprimir una velocidad muy alta al comienzo, durante unos 150 m, para luego mantener una secuencia de remada constante, incluso los atletas europeos suelen introducir un cambio de ritmo hacia los 1200 m-1500 m, y acelerar nuevamente en los últimos 200m-300 m Estas estrategias de competición determinan una influencia decisiva del metabolismo aeróbico en este deporte.

Cineantropométricamente son atletas altos, pesados, de extremidad superior larga, amplios diámetros de tronco (biacromial y biileocrestal) y miembros (biepicondíleo de húmero, biestiloideo, bicondíleo de fémur y bimaleolar), anchos perímetros (antebrazo, muslo y pierna) y gran masa muscular, proporcionalmente mayor en extremidad inferior que los piragüistas; al tiempo que su talla sentado es corta, y el grosor de los pliegues cutáneos y el porcentaje graso son bajos; con somatotipos de predominio mesomórfico, y de gran homogeneidad en varones. Las mujeres tendrían con respecto a los hombres una masa muscular, longitud de brazo y muslo, diámetros biileocrestal, antero-posterior y transverso de tórax relativamente menores, y mayor masa grasa y, al igual que ellos, su somatotipo tiende hacia la mesomorfia. Desde el punto de vista de la composición corporal, es importante resaltar que la masa ósea en hembras es muy similar al de la población de referencia para su edad y sexo, incluso cuando este se considera un deporte de fuerza.

La biomecánica del acto de remar determina que la longitud de extremidades es una ventaja, especialmente la de miembro superior, fundamentalmente el antebrazo por el efecto del ángulo de entrada del remo en el agua, siendo también muy importante la extremidad inferior en conjunto, muslo y pierna.

El somatotipo medio es principalmente endomesomorfo y ectomesomorfo en el sexo masculino, y predominantemente ectomesomorfo o mesoectomorfo en el femenino, presentando estas últimas una gran heterogeneidad, resultando en morfotipos endomesomorfos, mesoendomorfos y mesomorfos balanceados. En cualquier caso, y en ambos géneros, con una endomorfia proporcionalmente elevada para favorecer la estabilidad en la embarcación.

Factores de éxito

Los factores que en general determinan de manera estadísticamente significativa el éxito deportivo son la talla y el diámetro transverso de tórax. En hombres se impone el consumo de oxígeno y la masa muscular (contribuyendo ambos hasta en un 85% del conjunto de todos los factores responsables). Por otro lado, en las categorías de peso ligeras, la excelencia la marcarían la talla sentado y el diámetro transverso de tórax. El rendimiento vendría determinado además por las siguientes variables cineantropométricas: la talla y talla sentado, el peso, los diámetros (con excepción del condíleo de fémur), donde el más importante sería el biepicondíleo de húmero, los perímetros (salvo el de pierna), la masa grasa (en función de su acúmulo total, pues no son factores determinantes, ni el porcentaje graso ni el grosor de pliegues cutáneos) y la masa muscular; es decir, aquellas que proporcionan un área de sección transversal más grande en músculos, las cuales en presencia de un peso constante y ausencia de un lastre no útil en forma de masa corporal excesiva, permiten generar mayor fuerza y potencia al remar. Asimismo, la velocidad de

palada estaría relacionada con el consumo de oxígeno, dependiente a su vez de la masa muscular. No se ha encontrado todavía una explicación fisiológica a la equivalencia mencionada en la bibliografía entre la masa grasa, la masa magra y el peso por un lado, con el volumen del tiroides y la concentración libre de T4 por otro. En mujeres, como explicaremos a continuación, es bastante más complicado establecer las causas del éxito deportivo.

Los remeros de las categorías más ligeras suelen perder peso antes de la competición, y si esta reducción se acompaña de un déficit de más de un 20% de masa magra, el rendimiento deportivo se vería muy mermado; factor a tener muy en cuenta, pues se ha llegado a mencionar mujeres atletas que habrían perdido incluso porcentajes por encima del 50%.

Remo y género

La clasificación por categoría de peso no implica un morfotipo diferente, más bien la disparidad sería consecuencia del dimorfismo sexual. La gran homogeneidad del somatotipo masculino indica remeros muy similares, independientemente de la clase a la que pertenezcan por masa corporal, donde lógicamente los más pesados tienen las variables cineantropométricas más grandes en términos absolutos, mientras que comparativamente los más ligeros tendrían un mayor diámetro transverso de tórax y menor talla sentado y grosor de pliegues cutáneos, de una manera estadísticamente significativa. Las mujeres, por el contrario, presentan mayor heterogeneidad, que en realidad sería consecuencia del predominio muy marcado de dos biotipos que coexisten en las remeras, sin que ninguno haya podido imponerse claramente en la élite. Serían: un somatotipo mesoectomorfo, muy lineal y con una escasa masa muscular, que aprovecharía el efecto biomecánico del brazo de palanca, biotipo muy paradójico porque se opone a las características fisiológicas que se han descrito tradicionalmente como responsables del rendimiento deportivo (incongruencia que aún no ha sido satisfactoriamente resuelta); o bien un somatotipo ectomesomorfo, con mayor masa muscular, especialmente de tronco y extremidades superiores, grandes perímetros de brazo y torácico-axilar, baja talla sentado y grosor de pliegues cutáneos muy estrechos, que intentaría aprovechar la energía cinética que generaría una mayor fuerza muscular. El hecho de que la inmensa mayoría de los autores consultados en la bibliografía no diferencien estas peculiaridades en sus estudios provoca que las variables que clásicamente se han descrito como responsables del éxito sean más bien una amalgama de constantes que pertenecería a una combinación de ambos morfotipos, creando cierta dificultad en la selección de talentos deportivos. Las atletas más competitivas se han definido como aquellas que se caracterizan por un bajo grosor relativo de pliegues cutáneos, especialmente bíceps, tríceps, supraespinal y subescapular; al tiempo que mostrarían una mayor altura tibial, longitud de pierna y pliegues grasos anterior de muslo y medial de pierna, diámetros biacromial, biileocrestal, transverso de tórax, biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur, perímetros torácico-axilar, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muslo y pierna; con una talla sentado de tamaño contradictorio según los estudios, porque estos no diferencian los morfotipos predominantes. Por consiguiente, es fácil suponer que la evolución a lo largo de una temporada tendrá que ir encaminada a reducir el grosor de pliegues cutáneos y porcentaje de grasa, en ambos casos con valores muy superiores a sus homólogos masculinos; al tiempo que potenciaríamos el incremento de masa muscular, que todavía hoy, por razones desconocidas, se incide de manera notable en los hombres, minimizando su importancia en mujeres. La evolución secular de la talla y la mesomorfia se ha estabilizado en los últimos años en varones, mientras que todavía persiste una progresión lineal en féminas.

Remo y categoría profesional

Los deportistas de categoría júnior masculino mimetizan sus equivalentes senior, salvo por el mayor grosor de pliegues en los primeros, especialmente de tríceps, y una masa muscular con predominio de fibras tipo ST. Las atletas júnior son equivalentes a sus correspondientes de edad superior, mostrando ya en esta categoría las diferencias morfotípicas que encontraremos en las remeras adultas. Cuando se confrontan con la población de referencia para su edad y sexo, las mujeres júnior, independientemente de su categoría profesional, se definen por el predominio de todas las variables cineantropométricas, excepto el grosor de pliegues cutáneos y porcentaje graso, que es mayor en las deportistas de menor nivel competitivo.

Scull: Skiff Individual (single sculls, *1x) masculino y femenino, Doble* Scull – *Peso Ligero* (lightweight double sculls, *2x) masculino y femenino,* Doble Scull (double sculls, *2x) masculino y femenino, Cuatro* Scull (quadruple sculls without coxswain) *masculino y femenino*

Los *scullers* son más bajos, ligeros, con menores longitudes, diámetros (excepto bicondíleo de fémur), perímetros (menos pierna), y grosor de pliegues (exceptuando anterior de muslo y medial de pierna), sin diferencias por categoría profesional ni género. La talla y la longitud de extremidades favorecen el efecto brazo de palanca, que a su vez se beneficiaría de una gran masa muscular y perímetros de miembro superior elevados, porque les permitiría aplicar una fuerza a la leva superior.

**Sweep Oar*: Dos sin Timonel* (coxless pair, *2-) masculino, Dos sin Timonel* (Taya, pair without coxswain, *2-) femenino, Cuatro sin Timonel – Peso Ligero (Lightweight coxless four, 4-) masculino, Cuatro sin Timonel* (four without coxswain, *4-) masculino y Ocho con Timonel* (eight with coxswain, *8+) masculino y femenino*

Los *sweepers* son más altos y pesados, porque son variables cineantropométricas que otorgarían ventaja competitiva en las embarcaciones con mayor tripulación, ya que en la fase de entrada del remo, punto donde la pala ingresa en el agua y comienza a aplicarse la fuerza, el cambio consiguiente en la dirección de la misma produce una cierta deceleración, por lo que se requiere mayor fuerza para acelerar la embarcación en cada nueva palada. Las mujeres son igualmente más altas y con mayor masa corporal, y además presentan longitudes, pliegues cutáneos (excepto anterior de muslo y medial de pierna), diámetros (menos bicondíleo de fémur), perímetros (exceptuando pierna) y una masa muscular grandes, especialmente en los botes más pesados, ocho con timonel; independientemente de la categoría profesional, lo que favorecería la selección de talentos.

Los factores que determinarían el éxito deportivo serían la talla y talla sentado, el peso, la longitud de pierna, los diámetros biacromial, biileocrestal, biepicondíleo de húmero y bicondíleo de fémur, los perímetros de brazo, antebrazo, muslo y pierna, y la masa muscular; y ya en menor medida, los pliegues cutáneos (subescapular, tríceps, suprailíaco, bíceps y medial de pierna); es decir las variables cineantropométricas que favorecen el efecto brazo de palanca para introducir el remo en el agua, además de las que aumentan el área de sección transversal y la fuerza muscular en miembro superior, con el fin de generar más potencia para impulsar la embarcación.

11.2.20. *Softball* (femenino)

El *softball* es considerado la versión femenina del béisbol y un deporte con futuro olímpico incierto al ser eliminado de los Juegos Olímpicos de Londres 2016. El tipo de juego y la distribución de los jugadores en el terreno de juego son equivalentes y coinciden con el béisbol masculino, por lo que remitimos al apartado correspondiente de béisbol para ampliar conocimientos.

Cineantropométricamente las jugadoras se caracterizan por tener una gran masa muscular y ósea con altos porcentajes grasos; las demandas fisiológicas y características morfotípicas son equivalentes a los varones. La diferencia principal con el béisbol la encontramos en los *pitchers*, porque los hombres lanzan la pelota con extensión horizontal de brazo desde arriba hacia abajo, mientras las mujeres lanzan desde abajo hacia arriba describiendo una parábola ascendente; por tanto, el porcentaje graso sería mayor al precisar menos estabilidad y fuerza de brazo de palanca. La bibliografía sobre este deporte es escasa y puramente descriptiva.

11.2.21. Taekwondo

<58, 58-68, 68-80 y >80 kg masculino y <49, 49-57, 57-67 y >67 kg femenino

El taekwondo nace de la fusión de varias modalidades de artes marciales coreanas. Es un deporte fisiológicamente mixto, que se distingue por picos intermitentes de alta intensidad (3-5 s), alternados con periodos de menor actividad, y aún así se han registrado valores continuos máximos de frecuencia cardiaca durante todo el combate. La importancia, por tanto, del componente anaeróbico está fuera de toda duda, superando a deportistas con preparación específicamente anaeróbica, por un lado porque se potencian estas características durante el propio entrenamiento, y por otro, porque realizan esfuerzos intensos y cortos, pero al permitir cierto tiempo de recuperación durante el combate, la fatiga es altamente improbable, y el consumo de oxígeno pierde trascendencia, aunque siempre se necesitará una adecuada respuesta aeróbica.

El luchador de taekwondo se define cineantropométricamente por su escaso porcentaje graso y gran masa y fuerza muscular, añadido a una capacidad aeróbica y anaeróbica alta. Las variables que determinarían el éxito deportivo son el porcentaje de grasa, la masa muscular y los factores determinantes de la fuerza de extremidad inferior, indicando un predominio de las llaves de pierna (80% frente a un 20% de movimientos técnicos de brazo). No existe dimorfismo sexual, aunque las mujeres presentan mayor porcentaje de grasa y menor masa muscular. La importancia del metabolismo aeróbico ha aumentado mucho en los últimos años, incorporándose como un factor muy importante para obtener un buen rendimiento deportivo por la importancia que ha adquirido recientemente en la rutina de entrenamientos.

12.2.22. Tenis (individual y dobles, masculino y femenino)

En los deportes de raqueta en general, cuando profundizamos en el estudio de sus deportistas de alto rendimiento; prevalece el dominio de la técnica sobre el resto de los factores, incluyendo las variables cineantropométricas. El tenis es un deporte que requiere esfuerzos intermitentes e intensos durante un periodo largo de tiempo, precisando una gran resistencia física; lo que ha promovido un morfotipo clásico caracterizado por un bajo porcentaje graso y una masa muscular elevada, que permite golpear con mucha potencia; de somatotipo muy heterogéneo y composición corporal constante en su componente lipídico, pues no varía el porcentaje de grasa a lo largo de una temporada. Sin embargo, no hay que olvidar que junto a este biotipo, coexiste un patrón de tenista cuya talla es menor, de gran potencia y masa muscular, sobre todo en miembros inferiores, para tener una velocidad de desplazamiento asociada a una capacidad de reflejos superior; que basan su éxito deportivo en el juego sobre superficies lentas, como tierra batida. Este morfotipo se mantiene de forma residual y con tendencia a desaparecer, aunque siempre persistirá en tanto en cuanto estas canchas mantengan su prestigio en el circuito de la ATP (Asociación de Tenistas Profesionales). No existe dimorfismo sexual; y los tenistas de categoría júnior tendrían los mismos parámetros cineantropométricos que los senior, facilitando la selección de talentos deportivos. Solo destacaremos que, precisamente en las féminas más jóvenes, el porcentaje de grasa no se modifica con respecto a la población de referencia para su edad y sexo.

Los gestos técnicos de saque y volea se benefician de una talla elevada, especialmente en superficies rápidas, porque permite proyectar la bola con buenos ángulos de entrada, potenciándose mucho la ectomorfia de los jugadores de tenis. La envergadura también es una ventaja evidente que favorece la biomecánica del golpeo y beneficia el juego de volea próximo a la red. La longitud de extremidad superior, brazo y antebrazo, adquiere una gran importancia biomecánica por el aumento en la extensión del brazo de palanca que originan estas articulaciones y los músculos asociados a ellas, afectando la fuerza y velocidad de movimiento de dicha leva, y por tanto la aceleración de la bola al ser golpeada por la raqueta. En el tenis, asimismo, son muy importantes las medidas de longitud y diámetros de mano, por la importancia de ajustar perfectamente la empuñadura a las características de la raqueta utilizada en función del material con que ha sido diseñado.

La bilateralidad de las variables cineantropométricas en el tenis es inexcusable, porque se ha demostrado, sin ningún género de duda, valores superiores en aquellos factores cineantropométricos responsables de la fuerza en el brazo dominante respecto al contralateral, y que se ha comprobado fehacientemente en diversos estudios que medían la fuerza de agarre; asociados, además, a diferencias estadísticamente significativas en el perímetro de brazo y diámetro biepicondíleo de húmero; disparidad que no existe en el miembro inferior. Igualmente, los elementos biomecánicos implicados en el gesto técnico de impacto, centrado sobre todo en el revés, en conjunción con la evolución tecnológica que han sufrido las raquetas de tenis, hacen imprescindible un estudio bilateral de los parámetros cineantropométricos, para diferenciar si existen morfotipos diferentes entre los tenistas zurdos, factor clásicamente considerado de ventaja en el tenis, y entre aquellos que golpean el revés a una o dos manos, por las diferencias técnicas y biomecánicas que conllevan gestos competitivos similares, pero ejecutados de manera diferente. Desde el punto de vista de la composición corporal, estas peculiaridades cineantropométricas se traducen en una mayor masa ósea del brazo dominante, estadísticamente relevante con respecto al no preponderante; con la curiosidad añadida en categoría júnior, y que sorprendentemente no ha sido todavía ni estudiada ni confirmada en sus homólogos senior, del incremento de masa ósea en el miembro inferior no dominante frente al dominante.

El avance tecnológico en el campo del material deportivo ha obligado ha modificar en cierta medida el morfotipo clásico del tenista. Las raquetas son cada vez más ligeras, resistentes y con unas propiedades elásticas mayores, lo que permite mejorar el momento de fuerza en función del ángulo de salida de la bola durante el impacto, aumentando la fuerza de impulso en la superficie de contacto de la raqueta, características que transmiten una energía cinética considerable a la pelota, que incrementan notablemente la velocidad de la misma, determinando así tenistas con mayor porcentaje graso, más endomórficos, para generar mayor energía cinética; y menor masa muscular, por ende, con una mesomorfia inferior. Las superficies rápidas facilitan los factores biomecánicos descritos, por lo que surge la duda de si una talla elevada es verdaderamente una consecuencia de la revolución de los nuevos materiales aplicada al tenis, o más bien sería un producto de las necesidades del juego traducidas en sus correspondientes características cineantropométricas.

La evolución del juego a lo largo de los años también ha ocasionado cambios en las variables cineantropométricas de los tenistas. En un momento dado se modificó el reglamento, buscando dar mayor dinamismo al juego, y así apareció la regla de la muerte súbita o *tie-break*, que potenció la ventaja de la altura en momentos muy puntuales, pero esenciales para el éxito deportivo.

11.2.23. Tenis de mesa (individual y dobles, masculino y femenino)

El morfotipo del jugador de tenis de mesa se define cineantropométricamente por ser de talla baja, con extremidad superior corta, y gran potencia y masa muscular de miembro inferior que benefician la velocidad de movimientos y capacidad de reflejos del atleta. Paradójicamente, el somatotipo medio es mesoendomórfico, porque los factores cineantropométricos que intervienen de forma estadísticamente significativa en el éxito deportivo son la masa magra, especialmente muscular, y la mesomorfia.

11.2.24. Tiro con arco (*round* olímpico – 70m)

Individual y equipos masculino y femenino

El tiro con arco es un deporte de gasto metabólico bajo, donde la cineantropometría no juega un papel predominante. Las variables cineantropométricas que se han descrito responsables del éxito deportivo serían los pliegues cutáneos, diámetros biileocrestal, biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, perímetro de pierna, porcentaje graso y endomorfia, sin que se haya conseguido dar una explicación satisfactoria a la paradoja de encontrar tiradores de alto rendimiento con somatotipos muy endomórficos, cuando se ha postulado como un factor de ventaja el bajo acúmulo de tejido adiposo. Las medidas de la extremidad superior estarían relacionadas con la importancia de los músculos extensores del brazo; mientras que las de miembro inferior, junto a la talla sentado, serían responsables de mejorar la estabilidad corporal durante la ejecución del tiro. Consideramos asimismo relevantes la longitud y diámetro de mano para ajustar perfectamente el agarre a las características del arco. Desde el punto de vista de la composición corporal, no conviene olvidar que la masa muscular no es una variable cineantropométrica determinante del rendimiento deportivo, sino que la diferencia la marcaría la coordinación neuromuscular, propiedad neurofisiológica responsable de la capacidad de disparar flechas con una velocidad progresiva a intensidad constante.

11.2.25. Tiro olímpico

10 m Pistola aire (60 tiros), 10 m Carabina (rifle) aire (60 tiros), 25 m Pistola velocidad (60 tiros), 50 m Pistola libre (60 tiros), 50 m Carabina (rifle) tres posiciones aire (3 posiciones y 40 tiros), 50 m Carabina (rifle) libre tendido aire (60 tiros), **Skeet** ***(125 blancos), Foso olímpico*** **(trap,** ***125 blancos) y Doble trap (150 blancos) masculino y 10 m Pistola aire (40 tiros), 10 m Carabina (rifle) Aire (40 tiros), 25 m Pistola (30+30 tiros, precisión), 50 m Carabina (rifle) tres posiciones aire (3x20, 3 posiciones y 20 tiros),*** **Skeet** ***(75 blancos) y Foso olímpico*** **(trap,** ***75 blancos) femenino***

En el tiro olímpico son aplicables las características cineantropométricas básicas descritas para el tiro con arco, siempre en función del distinto tipo de agarre que requieren las diferentes modalidades de armas

de fuego, y especialmente las relacionadas con la estabilidad; por lo que remitimos a dicho apartado para obtener mayor información, debido a que, realmente, la bibliografía sobre este deporte es muy escasa y poco relevante.

11.2.26. Triatlón (masculino y femenino)

El triatlón, en su especialidad olímpica, combina los deportes de natación (1,5 km estilo), ciclismo (40 km ruta) y atletismo (carrera de 10 Km), siendo la natación la modalidad más influyente y la carrera la menos determinante, según la bibliografía especializada.

El triatleta se define cineantropométricamente como un deportista alto, de peso ligero o medio, extremidad superior larga y bajo porcentaje graso, que busca conjugar las características más decisivas de los deportes involucrados, por tanto, diverge mucho de los competidores de cada una de las modalidades descritas por separado. Existe un marcado dimorfismo sexual, tan llamativo en cuanto a las características de su morfotipo, que hace necesario introducir parámetros fisiológicos, que combinados con las variables cineantropométricas, permitan explicar esta disparidad, intentando determinar aquellos factores que originan triatletas masculinos de alto rendimiento, caracterizados por ser similares a los ciclistas en talla y peso, y a los nadadores de media distancia en porcentaje graso. El sexo femenino morfotípicamente se parece a las nadadoras, con la diferencia de presentar menor altura, que las aproximaría a las corredoras de 10000 m, y peso; mientras que si conjugamos los elementos de estatura y masa corporal, nos encontramos con atletas similares a las ciclistas de pista; asimismo, se identifican por presentar menores diámetros y perímetros, con pliegues cutáneos más elevados, especialmente de pierna, al igual que ocurre con el perímetro de brazo, el porcentaje de grasa y la mesomorfia. Los triatletas de categoría júnior serían equivalentes a sus homólogos senior.

La talla y longitud de miembros es importante por su efecto biomecánico de brazo de palanca, favoreciendo la zancada y la brazada en función de una velocidad determinada, mejorando en ambos casos la economía de carrera. Se debe tener en cuenta que una altura excesiva es perjudicial al aumentar la resistencia del aire al movimiento (ciclismo, atletismo) por el incremento del área de proyección frontal de su superficie corporal. El triatlón es un deporte muy paradójico porque, mientras un porcentaje graso elevado es un factor de ventaja para flotar durante la natación, afecta negativamente a las carreras en ciclismo y atletismo; que tendrían que ser contrarestadas con una mayor masa muscular. El morfotipo más competitivo también estará muy influenciado por las características del circuito de ciclismo, porque si es muy montañoso, el peso, el porcentaje graso y la masa muscular son una desventaja evidente; y sin embargo, en etapas llanas, serían variables propicias para el éxito. Esta incongruencia se ha solventado en los últimos años con la incorporación de los bañadores completos, que se utilizarán al nadar.

El somatotipo medio de los triatletas, en términos generales, es mesomorfo balanceado (similar en el sexo femenino a las nadadoras), pero con menor mesomorfia y más ectomorfia (similar en mujeres a las corredoras). También podemos encontrar somatotipos endomesomorfos, endomorfos balanceados, ectomesomorfos, mesoendomorfos y ectomorfos balanceados.

Las variables responsables del éxito deportivo descritas son el porcentaje graso, peso y consumo de oxígeno, añadiendo asimismo el bajo grosor de pliegues en féminas (especialmente bíceps, tríceps, subescapular y supraespinal). La evolución tecnológica ha modificado el morfotipo de los atletas con la incorporación del bañador completo (lo que hace más inexplicable que no se haya impuesto con mayor pujanza entre los nadadores de alta competición). Esta evolución fue obligada debido a las bajas temperaturas que en muchas ocasiones se encontraban los triatletas durante la fase de natación; con la ventaja de que al diseñarse, se confeccionaron de tal forma que aumentaba la flotabilidad, permitiendo utilizar mayor energía cinética para incrementar la frecuencia de brazada (beneficio que se ha llegado a establecer en unos 30 m aproximadamente). Así, el morfotipo ha evolucionado hacia un triatleta con menos endomorfia y porcentaje de grasa, que precisamente ha permitido eliminar los factores que limitaban el rendimiento en las otras dos modalidades deportivas. Esta revolución no solo ha implicado a la natación, sino también al ciclismo, pues la economía de carrera en esta modalidad dependerá igualmente de las características tecnológicas del material con el que está fabricada la bicicleta; así como de la altura del sillín, que obligará a adoptar una posición más o menos aerodinámica; la altura del pedal con respecto a la longitud de pierna

y finalmente la interfase o adaptación del pedal al tipo de zapatilla utilizada, recordando que compite en tres modalidades diferentes.

11.2.27. Vela

Láser y Star (velero con quilla) masculino, 470 (velero 2 tripulantes) masculino y femenino, Yngling (velero con quilla, 3 tripulantes) y Laser radial (velero 1 tripulante) femenino y 49er, Tornado (catamarán) y Finn (mixto)

Existen varias clases de vela, variando desde las disciplinas individuales, Finn, hasta las formadas por dos tripulantes, excepto la Yngling, integrada por tres. El regatista, en términos generales, se define cineantropométricamente por ser un atleta alto, pesado, de hombros y muñecas anchos (diámetros biacromial y biestiloideo), centro de gravedad elevado y gruesos pliegues cutáneos, asociado a altos porcentajes grasos, preferentemente de distribución ginoide, para hacer contrapeso y facilitar la navegabilidad del barco, a costa de una maniobrabilidad menor que sería necesaria en las modalidades individuales. Aunque se trata de un deporte de bajo gasto metabólico, en sedestación (*hiking*) frente a la posición de trapecio, se precisa mayor masa muscular, fundamentalmente en la región abdominal y en miembro inferior (muslo), curiosamente de importancia muy similar a las que se requieren en las modalidades de natación y remo. Los patrones de barco son en general más bajos, ligeros y tienen menor porcentaje graso que los tripulantes, ya que estos últimos intervienen más como factores de contrapeso. No existe dimorfismo sexual ni diferencias en función de su categoría profesional.

Las características de los navegantes dependerán del tipo de embarcación y de las condiciones climatológicas. Existe una norma general, que consiste en que las clases más ligeras se corresponden con los deportistas más livianos, aunque con algunas excepciones, como por ejemplo en la clase Finn, donde el velero es de escaso peso y poco estable, y por tanto los marineros son proporcionalmente altos y pesados. Los deportistas comparativamente más bajos y ligeros los encontramos, como era de esperar, en 470, pero asimismo en una de mayor carga como la Tornado, en este último caso porque se trata de un velero muy estable, donde igualmente encontramos que el porcentaje graso no se correlaciona con el peso, y sus regatistas presentan los valores más altos.

En circunstancias de viento ligero, las variables cineantropométricas adquieren mayor importancia; mientras que cuando sopla una ráfaga fuerte, predomina la técnica y experiencia de los navegantes. El peso, la talla y la talla sentado son factores cineantropométricos que suscitan controversia. La resistencia hidrodinámica del mar al desplazamiento de la embarcación estaría relacionada con el cuadrado del peso de los navegantes más velero, así en el barco más pesado, Star, el peso es poco influyente, mientras que en las clases Finn y 470 llega a corresponder hasta un tercio del peso total. Intervienen igualmente las condiciones atmosféricas, porque cuando son favorables, hacen que pierda relevancia el factor masa corporal porque la fuerza de fricción es inversamente proporcional a la velocidad de crucero de la embarcación.

Un peso y porcentaje graso elevado, con talla sentado baja serían especialmente contraproducentes con viento intenso, mientras que una gran masa muscular, por el contrario, favorece las maniobras que se tendrán que realizar. Por otro lado, en situaciones climatológicas opuestas, un centro de gravedad alto es un parámetro beneficioso. La estatura y el baricentro deberían ser lo más elevado posible, sin que se hayan postulado razones en la bibliografía realmente convincentes para aseverarlo, sobre todo porque también se menciona que una talla excesiva dificultaría los cambios de posición durante la regata. Asimismo presentan anchos diámetros y perímetros de antebrazo y muñeca, porque son los segmentos corporales involucrados en el agarre de los cabos necesarios para maniobrar los veleros, comprobándose que el resto de la extremidad superior no interviene para generar ningún tipo de fuerza.

El somatotipo medio de los regatistas es ectomesomorfo. Los patrones de barco son ectomesomorfos, mesoectomorfos y endomesomorfos, revelando la menor mesomorfia y mayor ectomorfia. En las modalidades colectivas son ectomesomorfos, mesoectomorfos y endomesomorfos, y es donde encontraríamos las mesomorfias más elevadas; mientras que las individuales exhiben somatotipos ectomesomorfos y mesoectomorfos principalmente.

Las variables cineantropométricas responsables del éxito deportivo serían los diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, y los perímetros de antebrazo, muñeca y muslo; y en menor medida la talla, el peso y el porcentaje graso. Existen unas correlaciones inversamente proporcionales y estadísticamente significativas del éxito con el porcentaje graso, la resistencia anaeróbica y su capacidad aeróbica, que son muy paradójicas e inesperadas, sin que se haya publicado en la bibliografía una explicación coherente que las justifique.

La evolución a lo largo de los años ha modificado la composición corporal, originando navegantes más ligeros y con menor porcentaje graso, independientemente del tipo de embarcación considerada.

11.2.28. RS:X (mistral/*windsurf*, masculino y femenino)

El somatotipo se caracteriza por su predominio ectomórfico, con muy baja mesomorfia, por lo demás no existe ninguna referencia a las características cineantropométricas de esta modalidad deportiva en la bibliografía.

11.2.29. Voleibol/balonvolea (masculino y femenino)

Los jugadores de voleibol, en términos generales, se caracterizan cineantropométricamente por ser deportistas altos, con extremidades largas, especialmente de miembro inferior, tronco pequeño, perímetros y pliegues cutáneos estrechos y diámetros anchos. El somatotipo medio es ectomesomorfo, definiéndose proporcionalmente por una ectomorfia alta y bajas mesomorfia y endomorfia. En balonvolea masculino no se presentan grandes cambios a lo largo de una temporada, mientras que en el femenino desciende la masa muscular y ósea, aumentando el porcentaje de grasa, si bien en categoría júnior se diferencian porque exclusivamente descenderían la masa ósea y muscular.

La talla, curiosamente, no es una variable cineantropométrica determinante del éxito deportivo porque se trata de un deporte marcado por la distancia de la red al suelo, 2,43 m en hombres y 2,24 m en mujeres respectivamente, y caracterizado por la dominancia de un salto explosivo (entre 7 y 15 minutos del total del juego) que se repite constantemente. Estas peculiaridades determinan un límite de altura, a partir del cual un salto excesivo no solo no sería un beneficio, sino perjudicial en el efecto brazo de palanca que se requiere para golpear la bola; siendo precisamente esta característica la que otorga mayor importancia al gesto técnico del salto, y provoca que los deportistas más altos proporcionalmente se eleven menos que aquellos que son más bajos, explicando así el hecho de que jugadores de estatura no muy elevada puedan tener un nivel competitivo importante y, además, estos suelen coincidir en la posición de colocador, donde la capacidad de control técnico del juego se impone a la física. Las consideraciones mencionadas otorgan, por tanto, una gran importancia a la talla sentado y longitud de extremidad inferior, especialmente si esta es proporcionalmente mayor en pierna con respecto al muslo, porque favorecen el salto por el efecto biomecánico de brazo de palanca distal o bajo, siempre y cuando exista una adecuada potencia muscular para elevar el peso del cuerpo, fuerza que se vería favorecida por perímetros elevados de miembro inferior. El peso y el porcentaje graso serían factores limitantes del salto porque exigen elevar una masa competitivamente no útil, pues tienen una relación inversamente proporcional con el mismo. Una vez elevado el cuerpo, si la extremidad superior se encuentra en posición más elevada que la pelota, la longitud de brazo y antebrazo adquieren gran importancia para aprovechar la ventaja ofrecida por el brazo de palanca superior, producido por estas articulaciones y los músculos asociados a ella, afectando la fuerza y movimiento de dicha palanca. Esto permite imprimir mayor velocidad en el golpeo de la pelota en dirección descendente, al tiempo que potencian el juego próximo a la red, especialmente en los movimientos técnicos de bloqueo. Todos estos factores se traducen en variables de tronco más lineales y ectomórficas.

Las lesiones articulares de miembro inferior, especialmente en mujeres, estarían relacionadas con un somatotipo de predominio mesomórfico, o de marcada endomorfia y mesomorfia frente a la ectomorfia.

En balonvolea se ha utilizado el índice córmico (porcentaje de la talla sentado respecto a la altura) y el índice de diámetros acumulativo [(suma de 7 diámetros-biacromial, biileocrestal, bitrocantéreo, biepicondíleo húmero, biestiloideo, bicondíleo fémur y bimaleolar- x (100/talla)].

Factores de éxito

En el voleibol masculino las variables cineantropométricas responsables del éxito deportivo, de manera estadísticamente significativa, serían en el voleibol masculino: talla sentado, en forma de baricentros altos, elevadas longitudes de extremidad inferior y pierna, diámetro biepicondíleo de húmero, masa muscular y ectomorfia, con bajo grosor de pliegues cutáneos, porcentaje graso y endomorfia; mientras que en mujeres serían relevantes un mayor peso, longitud de brazo, ectomorfia y mesomorfia, al tiempo que escaso diámetro biileocrestal, endomorfia, porcentaje de grasa y masa adiposa. La talla y diámetro biacromial, añadido al peso en hombres, si bien no son estadísticamente significativos, sí son factores muy importantes, y que intervienen de manera decisiva en el rendimiento deportivo. Los varones, en categoría júnior, no se diferencian de los jugadores senior cuando se trata de diferenciar los más competitivos; y sin embargo, en las féminas más jóvenes, las variables responsables del éxito deportivo las conformarían la talla, el porcentaje graso y la masa muscular.

Voleibol y género

Paradójicamente, el voleibol es un deporte que presenta un gran dimorfismo sexual. Las diferencias entre ambos sexos se presentan de manera estadísticamente significativa en la talla, peso, diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, además del porcentaje graso y grosor de pliegues cutáneos, donde los pliegues mayor y menor son subescapular y pierna en varones, mientras que en mujeres encontraríamos tríceps y supraespinal respectivamente; distribución de tejido adiposo que está a su vez relacionado con las diferencias del consumo de oxígeno entre ambos. El somatotipo es muy homogéneo en hombres, mientras que en el sexo femenino ocurre todo lo contrario, donde asimismo muestran diferencias significativas en todos sus componentes somatotípicos, siendo más endomórficas y menos mesomórficas. En definitiva, podemos concluir que en la selección de talentos, sobre todo en mujeres, debemos aproximar el somatotipo al de los hombres, buscando aquellas variables responsables del éxito deportivo.

Voleibol y posición en el terreno de juego

Los jugadores de voleibol se distribuyen en la cancha como jugadores delanteros (zonas 2, 3 y 4) y zagueros (posiciones 1, 5 y 6, donde encontramos al líbero, jugador con ciertas limitaciones establecidas por el reglamento). Sin embargo, desde el punto de vista cineantropométrico, los diversos autores los han dividido para su estudio en líberos o colocadores, jugadores centrales, delanteros extremos y zagueros.

La mayor diferencia morfotípica se encuentra entre los líberos y los centrales, situándose los zagueros en medio. Los colocadores serían los jugadores más bajos, ligeros, de menores diámetros biepicondíleo de húmero y condíleo de fémur, y mayor porcentaje graso, endomorfia y mesomorfia, porque en ellos la capacidad de control técnico debe ser superior a las ventajas físicas que otorga un gran salto. Los centrales (cineantropométricamente equivalentes a los delanteros), por el contrario son muy altos y de gran ectomorfia, con bajo porcentaje de grasa, endomorfia y mesomorfia. La homogeneidad morfotípica es máxima en centrales, especialmente en hombres y mínima en mujeres líberos.

Voleibol Playa (voley-playa, masculino y femenino)

Los jugadores de voleibol playa se dividen en defensas, bloqueadores (*blockers*) o carentes de especialización. La búsqueda bibliográfica no ha producido ningún resultado significativo en esta modalidad del balonvolea que, por otro lado, ha adquirido un gran auge en los últimos años. Esto no supone mayor problema, porque al ser un deporte muy reciente, han sido los jugadores clásicos de voleibol los que se pasaron a esta modalidad y, por tanto, el morfotipo más competitivo coincidiría con el descrito para los mismos; si bien los estudios más recientes refieren un perfil más bajo con respecto a los de voleibol, lo que se traduce en menores valores de la talla y el resto de variables cineantropométricas cuando los comparamos con los primeros, ya que requieren mayor movilidad en una cancha de dimensiones más reducidas; sin diferencias de género o por categoría profesional (excepto que los profesionales son más altos, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa). Por puestos, los *blockers* son los de mayor altura y los defensas los más bajos, y cuando la pareja consta de uno o los dos miembros sin especializar, su estatura se situaría intermedia entre los dos.

Bibliografía

- Ackland TR, Schreiner AB, Kerr DA. Absolute size and proportionality characteristics of World Championship female basketball players. *J Sports Sci* 997; 15(5):485-90.
- Alvero JR, Fernández VJ, Férnandez JM, Miranda T, Riego AM, Berdugo C. Valoración de los cambios cineantropométricos con el entrenamiento en jugadores de balonmano. *Arch Med Deporte* 1990; 7(26):147-51.
- Alvero JR, Ruiz E, Fernández JJ, García JC. *Relaciones entre parámetros antropométricos y pruebas de condición motriz específicas en jugadores de balonmano*. Habilidad Motriz. 1993; 2:29-32.
- Andreoli A, Melchiorri G, Volpe SL, Sardella F, Iacopino L, De Lorenzo A. Multicompartment model to assess body composition in professional water polo players. *J Sports Med Phys Fitness* 2004; 44(1):38-43.
- Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(4):507-11.
- Apostolidis N, Nassis GP, Bolatoglou T, Geladas ND. Physiological and technical characteristics of elite young basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2003; 44(2):157-63.
- Aragonés M, Casajús JA. Modificaciones antropométricas debidas al entrenamiento. Estudios longitudinales. *Arch Med Deporte* 1991; 8(32):345-353.
- Avlonitou E, Georgiou E, Douskas G, Louizi A. Estimation of body composition in competitive swimmers by means of three different techniques. *Int J Sports Med* 1997; 18(5):363-8.
- Bale P. Anthropometric, body composition and performance variables of young elite female basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31(2):173-7.
- Bale P, Bradbury D, Colley E. Anthropometric and training variables related to 10km running performance. *Br J Sports Med* 1986; 20(4):170-3.
- Bale P, Doust J, Dawson D. Gymnasts, distance runners, anorexics body composition and menstrual status. *J Sports Med Phys Fitness* 1996; 36(1):49-53.
- Bale P, McNaught-Davis P. The physiques, fitness and strength of top class women hockey players. *J Sports Med Phys Fitness* 1983; 23(1):80-8.
- Bale P, Rowell S, Colley E. Anthropometric and training characteristics of female marathon runners as determinants of distance running performance. *J Sports Sci* 1985; 3(2):115-26.
- Barlett HL, Mance MJ, Buskirk ER. Body composition and expiratory reserve volume in female gymnasts and runners. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16(3):311-5.
- Bayios IA, Bergeles NK, Apostolidis NG, Noutsos KS, Koskolou MD. Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2006; 46, 2: 271-80.
- Bell W, Rhodes G. The morphological characteristics of the association football player. Br *J Sports Med* 1975; 9(4):196-200.
- Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztein JP. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(2):297-304.
- Bloomfield J, Sigerseth PO. Anatomical and physiological differences between sprint and middle distance swimmers at the university level. *J Sports Med Phys Fitness* 1965; 36:76-81.
- Bourgois J, Claessens AL, Janssens M, Van Renterghem B, Loos R, Thomis M, Philippaerts R, Lefevre J, Vrijens J. Anthropometric characteristics of elite female junior rowers. *J Sports Sci* 2001; 19, 3:195-202.
- Bourgois J, Claessens AL, Vrijens J, Philippaerts R, Van Renterghem B, Thomis M, Janssens M, Loos R, Lefevre J. Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *Br J Sports Med* 2000; 34, 3: 213-17.
- Bransford DR, Howley ET. Oxygen cost of running in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports* 1977; 9(1):41-4.
- Bunc V, Heller J, Horcic J, Novotny J. Physiological profile of best Czech male and female young triathletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1996; 36(4):265-70.
- Burke ER. Physiological characteristics of competitive cyclists. *Phys Sportsmed* 1980; 8:78-84.
- Cabañas MD, Herrero A. Estudio de la bilateralidad en la composición corporal en jugadores de fútbol de 3ª división nacional de la Comunidad Autónoma de Madrid. *Arch Med Deporte* 1999; 8(esp):569-70.
- Cabañero M, Canda A, Bonilla M, Calderón C, Rubio S. Gimnasia rítmica de alta competición: composición corporal y somatotipo. *Arch Med Deporte* 1999; 16(esp):505-6.
- Caldarone G, Leglise M, Giampietro M, Berlutti G. Anthropometric measurements, body composition, biological maturation and growth predictions in young male gymnasts of high agonistic level. *J Sports Med Phys Fitness* 1986; 26(4):406-15.

- Calderón C, Canda A, Cabañero M, Fernández R, Rubio S. Estudio comparativo cineantropométrico fútbol vs hocket. *Selección* 1999; 8(4):177-186.
- Callister R, Callister RJ, Staron RS, Fleck SJ, Tesch P, Dudley GA. Physiological characteristics of elite judo athletes. *Int J Sports Med* 1991; 12(2):196-203.
- Camarero S, Tella V, Moreno JA, Fuster MA. Perfil antropométrico en las pruebas de 100 y 200m libres (infantiles y júniors). *Arch Med Deporte* 1997; 14(62):461-8.
- Can F, Yilmaz I, Erden Z. Morphological characteristics and performance variables of women soccer players. *J Strength Cond Res* 2004; 18(3):480-5.
- Canda A, Martín MP, Rubio S. Composición corporal según diferentes métodos antropométricos: un estudio en gimnastas de élite. *Arch Med Deporte* 1993; 10(37):11-7.
- Canda A, Sáinz L, De Diego T, Pacheco JL. Características morfológicas del decatleta vs especialistas. *Arch Med Deporte* 2001; 18(84):277-84.
- Canda A, Teja J, Arnaudas C, Gutiérrez F, Ureña R, Rubio S. Somatotipo de la Selección Española de balonmano júnior. *Arch Med Deporte* 1991; 8(esp):31.
- Carda RD, Looney MA. Differences in physical characteristics in collegiate baseball players. A descriptive position by position analysis. *J Sports Med Phys Fitness* 1994; 34(4):370-6.
- Carter JE. The somatotypes of athletes-a review. *Hum Biol* 1970; 42(4):535-69.
- Carter JE, Ackland TR. Sexual dimorphism in the physiques of World Championship divers. *J Sports Sci* 1998; 16(4):317-29.
- Carter JE, Sleet DA, Martin GN. Somatotypes of male gymnasts. J Sports Med Phys Fitness. 1971; 11(3):162-71.
- Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001; 41(4):463-9.
- Casajús JA, Aragonés MT. Estudio cineantropométrico del futbolista profesional español. *Arch Med Deporte* 1997; 14(59):177-84.
- Ceberio F, Muñoz JA, González JJ, De Rose EM. Análisis cineantropométrico de la Selección Española de remo, pesos ligeros. *Arch Med Deporte* 1984; 1(2):23-7.
- Centeno RA, Naranjo J, Beas JD, Viana-Montaner B, Gomez JR, Da Silva ME. Análisis del salto en plataforma dinamométrica en jugadores y jugadoras de balonmano. *Arch Med Dep* 2008; XXV, 3, 125:189-97.
- Centeno RA, Naranjo J, Guerra V. Estudio cineantropométrico del jugador de badminton de élite juvenil. *Arch Med Deporte* 1999; 16(70):115-9.
- Cermak J, Kuta I, Parizkova J. Some predispositions for top performance in speed canoeing and their changes during the whole year training program. *J Sports Med Phys Fitness* 1975; 15(3):243-51.
- Claessens AL, Beunen G, Wellens R, Geldof G. Somatotype and body structure of world top judoists. *J Sports Med Phys Fitness* 1987; 27(1):105-13.
- Claessens AL, Hlatky S, Lefevre J, Holdhaus H. The role of anthropometric characteristics in modern pentathlon performance in female athletes. *J Sports Sci* 1994; 12(4):391-401.
- Claessens AL, Lefevre J, Beunen G, De Smet L, Veer AM. Physique as a risk factor for ulnar variance in elite female gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(5):560-9.
- Claessens AL, Lefevre J, Beunen G, Malina RM. The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 1999; 39(4):355-60.
- Claessens AL, Veer FM, Stijnen V, Lefevre J, Maes H, Steens G, Beunen G. Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts. *J Sports Sci* 1991; 9(1):53-74.
- Clavijo AR, Hernández AFB, De Paz A, González A, Pais JL, Marrero N. Anthropometric study of baseball players at European level (basemén and fielders). *Arch Med Dep* 2008; XXV, 6, 128:546-7.
- Clavijo AR, Hernández AFB, De Paz A, González A, Pais JL, Marrero N. Somatotype of baseball players at european level. *Arch Med Dep*. 2008; XXV, 6, 128:546.
- Conger PR, Macnab RB. Strength, body composition, and work capacity of participants and nonparticipants in women's intercollegiate sports. *Res Q* 1967; 38, 2:184-92.
- Conley DL, Krahenbuhl GS, Burkett LN, Millar AL. Physiological correlates of female road racing performance. *Res Q Exerc Sport* 1981; 52, 4:441-8.
- Consejo Superior de Deportes. *Métodos de Estudio de Composición Corporal en Deportistas*. Madrid. Ministerio de Educación y Ciencia. 1996.
- Davis JA, Brewer J, Atkin D. Pre-season physiological characteristics of English first and second division soccer players. *J Sports Sci* 1992; 10, 6:541-7.
- Deutz RC, Benardot D, Martin DE, Cody MM. Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(3):659-68.
- DeRose EH, Crawford SM, Kerr DA, Ward R, Ross WD. Physique characteristics of Pan American Games lightweight rowers. *Int J Sports Med* 1989; 10(4):292-7.

- Duncan MJ, Woodfield L, al-Nakeeb Y. Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *Br J Sports Med* 2006; 40, 7: 649-51.
- Ersoy G. Dietary status and anthropometric assessment of child gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31(4):577-80.
- Fahey TD, Akka L, Rolph R. Body composition and Vo^2max of exceptional weight-trained athletes. *J Appl Physiol* 1975; 39(4):559-61.
- Faria IE, Faria EW. Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. *J Sports Med Phys Fitness* 1989; 29(4):369-78.
- Faria IE, Faria EW, Roberts S, Yoshimura D. Comparison of physical and physiological characteristics in elite young and mature cyclists. *Res Q Exerc Sport* 1989; 60(4):388-95.
- Faris AW, Gilley WF, Dean GM, Teh KC. Physiological profiles of world class decathlon athletes in training. *J Sports Med Phys Fitness* 1980; 20(3):285-90.
- Farmosi I. Body-composition, somatotype and some motor performance of judoists. *J Sports Med Phys Fitness* 1980; 20(4):431-4.
- Fernández J, Ceberio F, Usoz B, Aragonés. Somatotipo y pliegues cutáneos en mujeres tenistas. *Arch Med Deporte* 1991; 8(31):231-5.
- Fernández JA, Aguilera RR. Estimación de la masa muscular por diferentes ecuaciones antropométricas en levantadores de pesas de alto nivel. *Arch Med Deporte* 2001; 18(86):585-91.
- Filaire E, Lac G. Nutritional status and body composition of juvenile elite female gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 2002; 42(1):65-70.
- Fleck SJ. Body composition of elite American athletes. *Am J Sports Med* 1983; 11(6):398-403.
- Fleck SJ, Case S, Puhl J, Van Handle P. Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players. *Can J Appl Sport Sci* 1985; 10(3):122-6.
- Fletcher D, McNaughton L. Three methods of assessing per cent body fat in elite cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 1987; 27(2):211-6.
- Florida-James G, Reilly T. The physiological demands of Gaelic football. *Br J Sports Med* 1995; 29(1):41-5.
- Fogelholm GM, Kukkonen-Harjula TK, Taipale SA, Sievanen HT, Oja P, Vuori IM. Resting metabolic rate and energy intake in female gymnasts, figure-skaters and soccer players. *Int J Sports Med* 1995; 16(8):551-6.
- Fry RW, Morton AR. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(11):1297-301.
- Fudin R, Renninger L, Hirshon J. Analysis of data from Reichler's (1979) The Baseball Encyclopedia: right-handed pitchers are taller and heavier than left-handed pitchers. *Percept Mot Skills* 1994; 78(3 Pt 1):1043-8.
- Galiano D, Ruiz C, Comaposada J. Estudio cineantropométrico en jugadores de baloncesto de raza blanca y negra. *Apunts Medicina de L'Esport* 1984; 21(83-84):163-73.
- Giada F, Zuliani G, Baldo-Enzi G, Palmieri E, Volpato S, Vitale E et al. Lipoprotein profile, diet and body composition in athletes practicing mixed an anaerobic activities. *J Sports Med Phys Fitness* 1996; 36(3):211-6.
- Giordani D, Da Silva MF, Da Silva A. Morfologia de atletas juvenis de handebol. *Rev Bras Cin Des Humano* 2007; 9:127-133.
- Gorostiaga EM, Granados C, Ibañez J, Izquierdo M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 2005; 26(3):225-32.
- Graves JE, Pollock ML, Sparling PB. Body composition of elite female distance runners. *Int J Sports Med* 1987; 8 (Suppl 2):96-102.
- Grimston SK, Hay JG. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18(1):60-8.
- Gualdi-Russo E, Graziani I. Anthropometric somatotype of Italian sport participants. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33(3):282-91.
- Gualdi-Russo E, Gruppioni G, Gueresi P, Belcastro MG, Marchesini V. Skinfolds and body composition of sports participants. *J Sports Med Phys Fitness* 1992; 32(3):303-13.
- Gualdi-Russo E, Zaccagni L. Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001; 41(2):256-62.
- Guidetti L, Musulin A, Baldari C. Physiological factors in middleweight boxing performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2002; 42(3):309-14.
- Gutiérrez F, Hernández M, Canda A, González C, López-Illescas A, Rubio R. Estudio comparativo de composición corporal y somatotipo en triathletas. *Arch Med Deporte* 1991; 8(esp):35.
- Hadala M, Barrios C. Anthropometric characteristics, body composition profile and physical fitness of an America's Cup yatch crew. *AMD* 2008; XXV,6,128: 494.
- Hagberg JM, Mullin JP, Bahrke M, Limburg J. Physiological profiles and selected psychological characteristics of national class American cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 1979; 19(4):341-6.

- Hagerman FC, Addington WW, Gaensler EA. A comparison of selected physiological variables among outstanding competitive oarsmen. *J Sports Med Phys Fitness* 1972; 2(1):12-22.
- Hasan AA, Reilly T, Cable NT, Ramadan J. Anthropometric profiles of elite Asian female handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47, 2:197-202.
- Helge EW, Kanstrup IL. Bone density in female elite gymnasts: impact of muscle strength and sex hormones. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(1):174-80.
- Heller J, Peric T, Dlouha R, Kohlikova E, Melichna J, Novakova H. Physiological profiles of male and female taekwondo (ITF) black belts. *J Sports Sci.* 1998; 16(3):243-9.
- Herrero A. *Cineantropometría: composición corporal y somatotipo en futbolistas que desarrollan su actividad física en la Comunidad Autónoma de Madrid* [tesis doctoral]. Madrid. Universidad Complutense de Madrid; 2004.
- Herrero A, Cabañas MD. Combined research of foot-print, physical examination and kinanthropometry in a professional football team. Influence on injuries. *Arch Med Dep* 2001; XVIII(85):496.
- Herrero A, Cabañas MD. Evaluación comparativa de la distribución corporal de tejido adiposo entre jugadores de fútbol profesionales, semiprofesionales y amateurs. *Biomecánica* 2003; 11:23-9.
- Herrero A, Cabañas MD, Maestre MI. Morfotipo del futbolista profesional de la Comunidad Autónoma de Madrid. Composición corporal. *Biomecánica* 2004; 12(1):72-77.
- Herrero A, Cabañas MD, Maestre I. Left wind forward in football (soccer). Kinanthropometry and footprint analysis. *Biomecanica* 2005; 12(2):54-60.
- Herrero A. Cineantropometría: composición corporal y somatotipo en futbolistas que desarrollan su actividad física en la Comunidad Autónoma de Madrid. *Arch Med Dep* 2007; XXIV(117):65-69.
- Hollings SC, Robson GJ. Body build and performance characteristics of male adolescent track and field athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31(2):178-82.
- Horswill CA, Scott J, Galea P, Park SH. Physiological profile of elite junior wrestlers. *Res Q Exerc Sport* 1988; 59(3):257-61.
- Housh TJ, Johnson GO, Stout J, Housh DJ. Anthropometric growth patterns of high school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(10):1141-51.
- Housh TJ, Thorland WG, Johnson GO, Tharp GD. Body build and composition variables as discriminators of sports participation of elite adolescent male athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1984; 24(3):169-74.
- Hume PA, Hopkins WG, Robinson DM, Robinson SM, Hollings SC. Predictors of attainment in rhythmic sportive gymnastics. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33(4):367-77.
- Humphries B, Abt GA, Stanton R, Sly N. Kinanthropometric and physiological characteristics of outrigger canoe paddlers. *J Sports Sci* 2000; 18(6):395-9.
- Igbokwe NU. Somatotypes of Nigerian power athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31(3):439-41.
- Ilic V, Macura M. Morphofunctional characteristics of young elite male handball players. *Arch Med Dep* 2008; XXV(6), 128:577-8.
- Irurtia A, Busquets A, Marina M, Pons V, Carrasco M. Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas femeninas de élite a lo largo de la edad. *Arch Med Dep* 2008; XXV(4), 126:259-69.
- Johnson GO, Nebelsick-Gullett LJ, Thorland WG, Housh TJ. The effect of a competitive season on the body composition of university female athletes. J Sports Med Phys Fitness. 1989; 29(4):314-20.
- Kanehisa H, Ikegawa S, Fukunaga T. Body composition and cross-sectional areas of limb lean tissues in Olympic weight lifters. *Scand J Med Sci Sports* 1998; 8(5 Pt 1):271-8.
- Kansal DK, Verma SK, Sidhu LS. Intrasportive differences in maximum oxygen uptake and body composition of Indian players in hockey and football. *J Sports Med Phys Fitness* 1980; 20(3):309-16.
- Kansal DK, Verma SK, Sidhu LS. Anthropometric characteristics of Indian university football players. *J Sports Med Phys Fitness* 1980; 20(3):275-84.
- Kansal DK, Verma SK, Sidhu LS, Sohal MS. Physique of hockey, Kabaddi, basketball and volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1983; 23(2):194-200.
- Keogh JW, Weber CL, Dalton CT. Evaluation of anthropometric, physiological, and skill-related tests for talent identification in female field hockey. *Can J Appl Physiol* 2003; 28(3):397-409.
- Khosla T. Age, height and weight of female Olympic finalists in running events. *Br J Sports Med* 1985; 19(4):214-6.
- Khosla T, McBroom VC. Age, height and weight of female Olympic finalists. *Br J Sports Med* 1985; 19(2):96-9
- Kovaleski JE, Parr RB, Hornak JE, Roitman JL. Athletic profile of women college volleyball players. *Phys Sportsmed* 1980; 8:112-118.
- Kraemer WJ, Hakkinen K, Triplett-Mcbride NT, Fry AC, Koziris LP, Ratamess NA *et al.* Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. Med Sci Sports Exerc. 2003; 35(1):157-68. Erratum in: *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(5):889.

- Leake CN, Carter JE. Comparison of body composition and somatotype of trained female triathletes. *J Sports Sci* 1991; 9(2):125-35.
- Lee H, Martin DT, Anson JM, Grundy D, Hahn AG. Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *J Sports Sci* 2002; 20(12):1001-8.
- Legg SJ, Miller AB, Slyfield D, Smith P, Gilberd C, Wilcox H, Tate C. Physical performance of elite New Zealand Olympic class sailors. *J Sports Med Phys Fitness* 1997; 37(1):41-9.
- Lentini NA, Gris GM, Cardey ML, Aquilino G, Dolce PA. Estudio somatotípico en deportistas de alto rendimiento de Argentina. *Arch Med Deporte* 2004; 21(6):497-509.
- Lindner KJ, Caine DJ, Johns DP. Withdrawal predictors among physical and performance characteristics of female competitive gymnasts. *J Sports Sci* 1991; 9(3):259-72.
- Little NG. Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior, and senior men judokas. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31(4):510-20.
- López A, Martí A, Martínez J, Parra JC, Villodres MC, Fernández CF. Antropometría y grado de maduración en nadadores adolescentes. *Arch Med Deporte* 2002; 19(87):29-35.
- López JA, Ortega F, Dorado C, Armengol O, Sarmiento. Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel. Estudio de una temporada. *Arch Med Deporte* 1993; 10(38):127-32.
- Malhotra MS, Joseph NT, Gupta JS. Body composition and endurance capacity of Indian hockey players. *J Sports Med Phys Fitness* 1974; 14(4):272-7.
- Malina RM, Harper AB, Avent HH, Campbell DE. Physique of female track and field athletes. *Med Sci Sports* 1971; 3(1):32-8.
- Martínez I, Santonja F, López MG. Análisis del somatotipo y composición corporal en regatistas de vela ligera (clase Vaurien). *Arch Med Deporte* 1991; 8(esp):37.
- Martínez L, Fideu MD, Ferrer V. Estudio cineantropométrico en 58 ciclistas de competición. *Arch Med Deporte* 1993; 10(38): 121-5.
- Mathur DN, Toriola AL, Igbokwe NU. Somatotypes of Nigerian athletes of several sports. *Br J Sports Med* 1985; 19(4):219-20.
- Matsudo VK, Rivet RE, Pereira MH. Standard score assessment on physique and performance of Brazilian athletes in a six tiered competitive sport model. *J Sports Sci* 1986; 5(1):49-5.3.
- Matsumoto T, Nakagawa S, Nishida S, Hirota R. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. *Int J Sports Med* 1997; 18(6):408-12.
- Mayhew JL, Piper FC, Koss JA, Montaldi DH. Prediction of body composition in female athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1983; 23(3):333-40.
- Mazic S, Suzic J, Dikic N, Ostojic S, Djelic M, Ilic V, Nesic D, Radovanovic D. Anthropometric and physiological characteristics of elite Serbian basketball players. *AMD* 2008; XXV(6), 128: 460.
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports and Exercise Nutrition.* 2nd ed. Philadelphia. Lippincott Williams and Wilkins; 2005.
- McLean BD, Parker AW. An anthropometric analysis of elite Australian track cyclists. *J Sports Sci* 1989;7(3):247-55.
- Melero C, Pradas F, Sánchez C, Vargas MC. Método fisiológico aplicado al tenis de mesa. *MD* 2005; 2:17-24.
- Meleski BW, Malina RM. Changes in body composition and physique of elite university-level female swimmers during a competitive season. *J Sports Sci* 1985; 3(1):33-40.
- Modrego A, Aragonés M, Ceberio F. *Estudio del somatotipo y de la composición corporal de los judokas campeones en el Campeonato de España de judo senior.* 1987; 4(15):263-8.
- Monterrat A, Rubio FJ, Franco L. Estudio de pliegues cutáneos y de porcentaje graso en dos poblaciones femeninas con distinto nivel de actividad física. *Arch Med Deporte* 1999; 16(esp):567-8.
- Morris FL, Payne WR. Seasonal variations in the body composition of lightweight rowers. *Br J Sports Med* 1996; 30(4):301-4.
- Morrow JR, Hosler WW, Nelson JK. A comparison of women intercollegiate basketball players, volleyball players and non-athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1980; 20(4):435-40.
- Morrow JR, Jackson AS, Hosler WW, Kachurik JK. The importance of strength, speed, and body size for team success in women's intercollegiate volleyball. *Res Q* 1979; 50(3):429-37.
- Muñoz JA, Huici MJ, Marcos E. Estudio de la composición corporal y el somatotipo de deportistas sevillanos de alto rendimiento y comparación con la élite mundial. *Arch Med Deporte* 1986; 3(11):253-262.
- Musaiger AO, Ragheb MA, al-Marzooq G. Body composition of athletes in Bahrain. *Br J Sports Med* 1994; 28(3):157-9.
- Muthiah CM, Sodhi HS. The effect of training on some morphological parameters of top-ranking Indian basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1980; 20(4):405-12.

- Naranjo J, Calvo A, Centeno RA, Carranza MD, Cayetano M. Un nuevo test para la valoración del trabajo en apnea en natación sincronizada. *MD* 2005; 2:11-6.
- Nickols-Richardson SM, Modlesky CM, O'Connor PJ, Lewis RD. Premenarcheal gymnasts possess higher bone mineral density than controls. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(1):63-9.
- Niinimaa V, Wright G, Shephard RJ, Clarke J. Characteristics of the successful dinghy sailor. *J Sports Med* Phys Fitness. 1977; 17(1):83-96.
- Norton K, Olds T. Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sports Med* 2001; 31(11):763-83.
- Norton K, Olds T, editores. *Anthropometrica*. Sydney. UNSW (University of New South Wales) Press; 2000.
- Novak LP, Bestit C, Mellerowicz H, Woodward WA. Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected olympic male athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1978; 18(2):139-51.
- Novak LP, Woodward WA, Bestit C, Mellerowicz H. Working capacity, body composition, and anthropometry of Olympic female athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1977; 17(3):275-83.
- Oppliger RA, Nielsen DH, Vance CG. Wrestlers' minimal weight: anthropometry, bioimpedance, and hydrostatic weighing compared. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(2):247-53.
- Orvanova E. Somatotypes of weight lifters. *J Sports Sci* 1990; 8(2):119-37.
- Pacheco JL. Análisis antropométrico de los velocistas y vallistas de élite españoles. *Arch Med Deporte* 1992; 9(33):89-94.
- Pacheco JL, Canda A. Análisis de un modelo cineantropométrico de composición corporal en atletas. *Arch Med Deporte* 1999; 16(73):415-20.
- Pacy PJ, Quevedo M, Gibson NR, Cox M, Koutedakis Y, Millward J. Body composition measurement in elite heavyweight oarswomen: a comparison of five methods. *J Sports Med Phys Fitness* 1995; 35(1):67-74.
- Palomino A, Ortega F, García JM, Limiñana JM, Sarmiento L, Mompeó B. Estudio cineantropométrico entre nadadores canarios y peninsulares por estilos. *Arch Med Deporte* 1996; 13(56):433-9.
- Parizkova J. La masse active, la graisse déposée et la constitution corporelle chez les sportifs de Aut. Niveau. *Kinanthropologie* 1972; 4(2):95-105.
- Parr RB, Wilmore JH, Hoover R, Bachman D, Kerlan R. Professional basketball players: athletic profiles. *Phys Sportsmed* 1978; 6:77-84.
- Pérez BM, Landaeta-Jiménez M, editor. *Perfil Biológico y Nutricional de los Nadadores del Estado de Miranda* Caracas. Vicerrectorado Académico UCV; 2004.
- Pérez HR. The effects of competitive road-racing on the body composition, pulmonary function, and cardiovascular system of sport cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 1981; 21(2):165-72.
- Plyley MJ, Davis GM, Shepard RJ. Body profile of Olympic-class sailors. *Phys Sportsmed* 1985; 13(6):152-67.
- Pollock ML, Gettman LR, Jackson A, Ayres J, Ward A, Linnerud AC. Body composition of elite class distance runners. *Ann N Y Acad Sci* 1977; 301:361-70.
- Porcella P, Succa V, Vona G. Windsurfer somatotypes [abstract]. *Anthropol Anz* 1992; 50(4):327-34.
- Powers SK, Walker R. Physiological and anatomical characteristics of outstanding female junior tennis players. *Res Q Exerc Sport* 1982; 53(2):172-5.
- Puhl J, Case S, Fleck S, Van Handel. Physical and physiological characteristics of elite volleyball players. *Res Q Exerc Sport* 1982; 53:257-62.
- Ramírez C, Arechiga J. Estudio del somatotipo en boxeadores mexicanos de alto rendimiento. *Arch Med Deporte* 1999; 16(esp): 499-500.
- Ramos D, Mendizabal S, Moreno R, Rubio JA, Martín F, Jiménez F. Physiological, anthropometric and podiatrists characteristics in a professional basketball team. *Arch Med Dep.* 2008; XXV(6), 128:487-8.
- Ramos JJ, Lara MT, Del Castillo MJ, Martínez R. Características antropométricas del futbolista adolescente de élite. *Arch Med Deporte.* 2000; 17(75):25-30.
- Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci* 2000; 18(9):695-702.
- Rhodes EC, Mosher RE. Aerobic and anaerobic characteristics of elite female university soccer players. *J Sports Sci* 1992; 10:143-4.
- Rico H, Revilla M, Villa F, Gómez-Castresana F, Alvárez M. Body composition in postpuberal boy cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33(3):278-81.
- Rico-Sanz J. Evaluaciones fisiológicas en futbolistas. Arch Med Deporte. 1997; 14(62):485-91.
- Rienzi E, Drust B, Reilly T, Carter JE, Martin A. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2000; 40(2):162-9.
- Riera J, Javierre C, Ventura JL, Zamora A. Estudio antropométrico y funcional en nadadores. *Apunts Medicina de L´Esport* 1994; 31(121):213-31.

- Riezebos ML, Paterson DH, Hall CR, Yuhasz MS. Relationship of selected variables to performance in women's basketball. *Can J Appl Sport Sci* 1983; 8(1):34-40.
- Rivera MA, Ramirez-Marrero FA, Rivas CA, Rivera-Brown AM. Perfil antropometrico y fisiológico de atletas puertorriquenos: Softbol femenino. *PR Health Sci J* 1994; 13, 4: 255-60
- Rodríguez C, Echegoyen S, Martínez J. Perfil antropométrico en seleccionados nacionales de waterpolo. *Arch Med Deporte* 2005; 22(108):279-83.
- Rodríguez C, Echegoyen S. Características antropométricas y fisiológicas de jugadores de fútbol de la selección mexicana. *Arch Med Deporte* 2005; 22(1):33-7.
- Rodríguez CA, Fernández MC, Martínez M, Martínez X. Aproximación hacia el cálculo del peso adecuado en la preparación del deportista. *Bol Científico Tec* 1989; 2:6-32.
- Roemmich JN, Sinning WE. Sport-seasonal changes in body composition, growth, power and strength of adolescent wrestlers. *Int J Sports Med* 1996; 17(2):92-9.
- Rowbottom DG, Keast D, García-Webb P, Morton AR. Training adaptation and biological changes among well-trained male triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29(9):1233-9.
- Ruiz C. Deporte y medicina. Balonmano. *Arch Med Deporte* 1996; 3:281-4.
- Ruiz ML, Egocheaga J, del Valle M. Estudio del somatotipo en jugadoras de balonmano de diferentes categorías. *Arch Med Deporte* 1999; 26(esp):503-504.
- Russell AP, Le Rossignol PF, Sparrow WA. Prediction of elite schoolboy 2000m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *J Sports Sci* 1998; 16(8):749-54.
- Sadly SP, Freedson PS. Body composition and structural comparisons of female and male athletes. *Clin Sports Med* 1984; 3: 755-7.
- Sánchez-Muñoz C, Sanz D, Zabala M. Anthropometric characteristics, body composition and somatotype of elite junior tennis players. *Br J Sports Med* 2007; 41, 11: 793-99.
- Sharma SS, Shukla BR. Somatic constitution of athletes in India. *J Sports Med Phys Fitness* 1988; 28(2):194-9.
- Sharratt MT, Taylor AW, Song TM. A physiological profile of elite Canadian freestyle wrestlers. *Can J Appl Sport Sci* 1986; 11(2):100-5.
- Shephard RJ. Biology and medicine of soccer: an update. *J Sports Sci* 1999; 17(10):757-86.
- Siders WA, Lukaski HC, Bolonchuk WW. Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33(2):166-71.
- Sidhu LS, Grewal R, Verma SK. Positional differences in physique and body composition among top level Indian women hockey players. *J Sports Med Phys Fitness* 1984; 24(4):337-42.
- Sidhu LS, Kansal DK, Kanda BS. Anthropometric and roentgenogrammetric assessment of physique and body composition of athletes specialising in throwing events. *J Sports Med Phys Fitness* 1975; 15(3):192-8.
- Sidhu LS, Sodhi HS. Effect of training on subcutaneous tissue of top class Indian hockey players with respect to their field positions. *J Sports Med Phys Fitness* 1979; 19(2):217-23.
- Silva JM 3rd, Shultz BB, Haslam RW, Murray D. A psychophysiological assessment of elite wrestlers. *Res Q Exerc Sport* 1981; 52(3):348-58.
- Sinning WE. Body composition, cardiorespiratory function, and rule changes in women's basketball. *Res Q* 1973; 44:313-21.
- Sinning WE, Dolny DG, Little KD, Cunningham LN, Racaniello A, Siconolfi SF et al. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17(1):124-30.
- Sinning WE, Wilson JR. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in women athletes. *Res Q Exerc Sports* 1984; 55:153-60.
- Sleivert GG, Rowlands DS. Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Med* 1996 Jul;22(1):8-18.
- Smith DJ, Roberts D, Watson B. Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *J Sports Sci* 1992; 10:131-8.
- Smith HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 1998; 26(5):317-34.
- Smith HK, Montpetit RR, Perrault H. The aerobic demand of backstroke swimming, and its relation to body size, stroke technique, and performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988; 58:182-8.
- Smith HK, Thomas SG. Physiological characteristics of elite female basketball players. *Can J Sport Sci* 1991; 16(4):289-95.
- Smith L. Anthropometric measurements, and arm and leg speed performance of male and female swimmers as predictors of swim speed. *J Sports Med Phys Fitness* 1978; 18(2):153-68.
- Sodhi HS. Kinanthropometry and performance of top ranking Indian basketball players. *Br J Sports Med* 1980; 14(2-3):139-44.
- Som A, Zabala M, Ramírez-Lechuga J, Muros JJ, Sánchez-Sánchez E, Sánchez-Muñoz C. Analysis of the feeding habits in cyclists of the Spanish national mountain bike team. *Arch Med Dep* 2008; XXV(6), 128:560-1.

- Sovak D, Hawes MR, Plant K. Morphological proportionality in elite age group North American divers. *J Sports Sci* 1992; 10(5):451-65.
- Spenst LF, Martin AD, Drinkwater DT. Muscle mass of competitive male athletes. *J Sports Sci* 1993; 11(1):3-8.
- Spurgeon JH, Spurgeon NL, Giese WK. Physique of world-class female basketball players. *Scand J Sports Sci* 1980; 2:63-9.
- Stefanovic M, Oblakovic-Babic J, Radivojevic N, Suzic J, Dikic N. Body composition of young basketball players measured by bioelectrical impedance (BIA). *Arch Med Dep* 2008; XXV(6), 128:470.
- Stone MH, Pierce KC, sands WA, Stone ME. Weightlifting: a brief overview. *J strength Cond Res* 2006; 28(1):50-66.
- Stroescu V, Dragan J, Simionescu L, Stroescu OV. Hormonal and metabolic response in elite female gymnasts undergoing strenuous training and supplementation with SUPRO Brand Isolated Soy Protein. *J Sports Med Phys Fitness* 2001; 41(1):89-94.
- Sullivan JJ, Knowlton RG, Hetzler RK, Woelke PL. Anthropometric characteristics and performance related predictors of success in adolescent pole vaulters. *J Sports Med Phys Fitness* 1994; 34(2):179-84.
- Taylor AW, Brassard L. A physiological profile of the Canadian judo team. *J Sports Med Phys Fitness* 1981; 21(2):160-4.
- Thorland WG, Johnson GO, Cisar CJ, Housh TJ, Tharp GD. Strength and anaerobic responses of elite young female sprint and distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19(1):56-61.
- Thorland WG, Johnson GO, Fagot TG, Tharp GD, Hammer RW. Body composition and somatotype characteristics of junior Olympic athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1981; 13(5):332-8.
- Thorland WG, Johnson GO, Housh TJ, Refsell MJ. Anthropometric characteristics of elite adolescent competitive swimmers. *Hum Biol.* 1983; 55(4):735-48.
- Thorland WG, Johnson GO, Tharp GD, Fagot TG, Hammer RW. Validity of anthropometric equations for the estimation of body density in adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16(1):77-81.
- Thorland WG, Tipton CM, Lohman TG, Bowers RW, Housh TJ, Johnson GO, *et al.* Midwest wrestling study: prediction of minimal weight for high school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(9):1102-10.
- Toriola AL, Adeniran SA, Ogunremi PT. Body composition and anthropometric characteristics of elite male basketball and volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness.* 1987; 27(2):235-9.
- Tsunawake N, Tahara Y, Moji K, Muraki S, Minowa K, Yukawa K. Body composition and physical fitness of female volleyball and basketball players of the Japan inter-high school championship teams. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2003; 22(4):195-201.
- VanHeest JL, Mahoney CE, Herr L. Characteristics of elite open-water swimmers. *J Strength Cond Res* 2004; 18, 2: 302-5.
- Vaquera A, Rodríguez-Marroyo JA, García J, Ávila C, Morante JC, Villa JG. Consumo máximo de oxígeno en baloncesto; influencia del sexo y del puesto específico. *Arch Med Deporte* 2003; 20(95):205-12.
- Vicente-Rodríguez G, Dorado C, Pérez-Gómez J, González-Henriquez JJ, Calbet JA. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone* 2004; 35:1208-1215.
- Viitasalo JT. Anthropometric and physical performance characteristics of male volleyball players. *Can J Appl Sport Sci* 1982; 7(3):182-8.
- Vila MH, Fernández JJ, Rodríguez FA. Evolución de la condición física en jugadoras de balonmano en categorías infantil, cadete y juvenil. *Apunts Ed Fis Deportes* 2007; 87:99-106.
- Vila MH, Ferragut C, Alcaraz PE, Rodríguez N, Cruz M. Características cineantropométricas y la fuerza en jugadores juveniles de balonmano por puestos específicos. *Arch Med Deporte* 2008; XXV(3), 125:167-177.
- Villa JG, Moreno C. Influencia de una pretemporada en el perfil cineantropométrico de futbolistas. *Arch Med Deporte* 2000; 27(75):9-20.
- Villegas JA, Martínez MT, Martí D, Monreal S. Estudio de la composición de los participantes en el campeonato de España de marathon 1986. *Apunts Med de L'Esport* 1987; 24(91):25-6.
- Visnapuu M, Jurimae T. Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players. *J Strength Cond Res* 2007; 21:923-929.
- Viviani F. The somatotype of medium class Italian basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1994; 34(1):70-5.
- Viviani F, Baldin F. The somatotype of "amateur" Italian female volleyball-players. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33(4):400-4.
- Viviani F, Casagrande G, Toniutto F. The morphotype in a group of peri-pubertal soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33(2):178-83.
- Vrijens J, Pannier JL, Bouckaert J. Physiological profile of competitive road cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 1982; 22(2):207-16.

- Ward T, Groppel JL, Stone M. Anthropometry and performance in master and first class Olympic weight lifters. *J Sports Med Phys Fitness* 1979; 19(2):205-12.
- Wassmer DJ, Mookerjee S. A descriptive profile of elite U.S. women's collegiate field hockey players. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42, 2:165-71.
- Wilmore JH, Brown CH, Davis JA. Body physique and composition of the female distance runner. *Ann N Y Acad Sci* 1977; 301:764-76.
- Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise.* Champaign: Human Kinetics; 1994.
- Wingo JE, Casa DJ, Berger EM, Dellis WO, Knight JC, McClung JM. Influence of a Pre-Exercise Glycerol Hydration Beverage on Performance and Physiologic Function During Mountain-Bike Races in the Heat [abstract]. *J Athl Train.* 2004; 39(2):169-175
- Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Norton KI. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987; 56(2):191-200.
- Withers RT, Roberts GD, Davies GJ. The maximum aerobic power, anaerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer. *J Sports Med Phys Fitness* 1977; 17(4):391-400.
- Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, Dutton M. Somatotypes of South Australian female games players. *Hum Biol* 1987; 59(4):575-84.
- Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, La Forgia J, Ellis MW, Crockett A. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987; 56(2):169-80. Erratum in: *Eur J Appl Physiol* 1987; 56(5):615.
- Wittich A, Mautalen CA, Oliveri MB, Bagur A, Somoza F, Rotember E. Professional football (soccer) players have a markedly greater skeletal mineral content, density and size than age -and BMI- matched controls [abstract]. *Calcif Tissue Int.* 1998; 63(2):112-7.

UNIDAD IV

Ámbitos de aplicación

Capítulo 12. LA CINEANTROPOMETRÍA COMO ÍNDICE DE SALUD Y DE PATOLOGÍA

12. La Cineantropometría como índice de salud y de patología

Ángel Herrero de Lucas
M. Dolores Cabañas Armesilla

12.1. Introducción

La metodología cineantropométrica adquiere en la actualidad una gran relevancia por su probada utilidad en la prevención de diversas patologías. La novedosa aplicación de este procedimiento en el campo de la medicina asistencial tradicional se centraría, como ya hemos mencionado, en la prevención de enfermedades; siendo igualmente muy útil en la identificación de determinados grupos de riesgo; en la valoración de pacientes, considerados en conjunto como unos indicadores para la ejecución, evaluación y seguimiento de diversos actos médicos; así como facilitar las claves para la investigación y diagnóstico de varias afecciones. Considerando la dificultad de los sistemas de salud para dar cobertura tecnológica a una población creciente, por el esfuerzo económico que representa en los presupuestos sanitarios de los Estados, la cineantropometría se impone cada vez con mayor fuerza como herramienta científica que aporta indicadores de salud, especialmente en el mundo occidental y los países más desarrollados.

La relación entre la composición corporal y el somatotipo con los diversos índices de salud están modulados por **factores** muy diferentes y complejos, algunos de los cuales suelen variar a lo largo del tiempo, además de estar también expuestos a flujos migratorios y al componente genético de muchas patologías. Estos factores se clasificarán en: *culturales* y *demográficos* (edad, sexo, etnia, educación, higiene y hábitos alimenticios), *socioeconómicos* (tabaco, nutrición, actividad física, renta per cápita), *salud* (prevalencia e incidencia de enfermedades y de factores etiopatogénicos) y *genéticos*. Las variables socioeconómicas y culturales se sitúan entre los elementos más determinantes de esta correspondencia, debido a que las poblaciones que sufren modificaciones muy rápidas en sus condiciones sociales como consecuencia de una migración territorial, se caracterizan por su tendencia a acumular tejido adiposo en exceso, especialmente en la región abdominal, lo que conlleva implicaciones patológicas importantes, como se ha demostrado en estudios realizados con poblaciones inmigrantes procedentes de Japón, la Micronesia y Polinesia en los Estados Unidos (Oppert, 2002; Lahmann, 2000). Los indicadores sanitarios se supeditan en gran medida al género, sobre todo en las enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Oppert, 2002 y Wellborn, 2000). (Véase apartado 7.4.2.3 y capítulo 8.A).

Las variables que estiman la composición corporal, fundamentalmente aquellas que establecen el acúmulo de masa grasa en el cuerpo, determinan la vinculación tan estrecha que existe entre la cineantropometría y la salud. La ventaja que ofrece este método frente a otros sistemas de evaluación de índices de salud es la posibilidad de fraccionar la estructura somática del sujeto para establecer una composición corporal que nos permita focalizar la prevención de enfermedades. La mortalidad, independientemente de la patología causante, tendría una relación directamente proporcional con el aumento de masa grasa y la disminución de masa magra, especialmente de masa muscular, y es por ello que varios autores empiezan a plantearse la importancia de esta última variable en la incidencia de la mortalidad de una población determinada (Oppert, 2002 y Wellborn, 2000).

Precisamente existe una correlación no estadísticamente significativa entre la suma de determinados pliegues grasos centrales y periféricos (subescapular, supraespinal, abdominal, bíceps, tríceps, anterior de muslo y medial de pierna) y el estado de salud de un individuo. El análisis de la dependencia entre los indicadores sanitarios establecidos para una muestra poblacional y la cineantropometría expresa una equivalencia entre algunos de los que se localizan en los miembros (bíceps, tríceps y anterior de muslo) y la mortalidad masculina en la edad media de la vida, afinidad que sí tiene una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa, que se representa gráficamente como una distribución en forma de U; siendo por otro lado el cociente de pliegues cutáneos subescapular/tríceps el ratio que mejor nos ofrecería la estimación de la incidencia de mortalidad en mujeres, en este caso independientemente de los años de vida transcurridos (Oppert, 2002). Esta concordancia nos permitiría incorporar **la cineantropometría**, y en concreto **la determinación de la amplitud de los pliegues cutáneos, al grupo de instrumentos o sistemas de evaluación que conforman el conjunto de variables que se integran**

en el esquema de agrupación de los índices de salud. Es fundamental al considerar esta vinculación que no todos los pliegues grasos tendrían la misma potencia de asociación, siendo mayor la de algunos localizados en el tronco (subescapular, axilar y abdominal) frente a otros que se disponen en las extremidades (bíceps, tríceps y anterior de muslo).

Una forma diferente de evaluar la distribución de tejido adiposo es a través de la determinación de los diámetros corporales. La mayoría de los estudios sobre este tema se han centrado específicamente en los de cintura y cadera. En este sentido se ha descrito el cociente cintura/cadera (WHR, *Waist to Hip Ratio*), al que se ha intentado relacionar con la salud de la población, porque como valor estadístico muestra un gran índice de confianza y, sin embargo, presenta un problema todavía irresoluto, basado en las grandes modificaciones que se requieren de la masa grasa acumulada en el cuerpo antes de que dicho índice se transforme, reflejando los cambios en la misma. Si bien, no hay que olvidar que el cociente cintura/cadera no solo indica el grado de obesidad o la proporción de depósito regional de tejido adiposo, sino que nos sirve también para registrar la variación de la masa muscular, o más concretamente, su atrofia (Oppert, 2002). Asimismo cabe mencionar, como un hecho paradójico, la poca repercusión que ha tenido el índice de conicidad en la bibliografía, siendo escasos los artículos que lo mencionan, precisamente porque surgió como una alternativa al WHR, ya que teóricamente ofrecía la misma significación desde el punto de vista clínico, aportando además el beneficio de poder ofrecer los datos en forma de rango de medidas, y la posibilidad de mediciones interindividuos. Por otro lado, el diámetro antero-posterior de tórax, indicativo de la distribución de tejido adiposo, también tiene una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa con la incidencia de mortalidad masculina en la edad media de la vida.

La reciprocidad entre las medidas de los pliegues cutáneos de tronco y el WHR presenta una gran concordancia con la compartimentación regional de la grasa abdominal. Igualmente, el porcentaje de grasa y la suma del conjunto de todos los pliegues reflejan una correlación directamente proporcional con el depósito corporal de tejido adiposo, si bien esta última analogía manifiesta una menor potencia de asociación que la descrita previamente. **La localización regional de masa grasa,** más que su acúmulo general, sería la que determina la vinculación anteriormente mencionada **con el cociente cintura/cadera y los pliegues centrales, y está asociada a factores nutritivos y demográficos, sexo, etnia, y nivel socioeconómico.**

La medida de los perímetros corporales interviene como estimador de la salud poblacional en tanto en cuanto **la suma de los perímetros de brazo relajado y muslo medio** (este último descrito en la bibliografía pertinente como la localización intermedia entre el pliegue inguinal lateral y el punto medio de la rótula) **se está utilizando en estudios epidemiológicos para medir la masa muscular, y estaría asociado con la mortalidad de varones,** especialmente aquellos que se encuentran en el rango de su edad media de vida, como una distribución que sigue una representación gráfica en forma de "J" invertida.

Los trabajos realizados desde un punto de vista fisiológico han demostrado una relación directamente proporcional entre los niveles plasmáticos de leptina y el porcentaje de grasa, sin embargo, esta equivalencia no aparece cuando comparamos dicho porcentaje con las concentraciones de estradiol e insulina (Lahmann y cols., 2002; Welborn, y cols, 2000).

El somatotipo estaría asimismo relacionado con los índices de salud, pues se ha descrito una estrecha relación del mismo con las patologías osteomusculares. Véase capítulo 7.4).

El acúmulo excesivo de tejido adiposo origina cuadros clínicos de obesidad, tanto si la consideramos en términos absolutos como en función de su distribución regional. En cualquier caso, el depósito de grasa corporal estaría relacionado con la patología cardiovascular en hombres y mujeres, mientras que es exclusivo de varones cuando consideramos únicamente el índice de mortalidad (Oppert, 2002).

La variabilidad interindividual también se puede comprobar mediante estudios basados en la sobrealimentación de determinadas poblaciones, comprobando como algunos sujetos de la misma presentan un incremento de la grasa corporal, mientras que otros individuos de dicha muestra y sometidos al mismo régimen dietético curiosamente mostraban un mayor desarrollo de la masa magra. Esta heterogeneidad viene mediada porque cada persona tiene un comportamiento diferente de la capacidad y velocidad de oxidación de su componente graso y, además, estos parámetros varían en función de las calorías ingeri-

das con la dieta y de su metabolismo, lento en los que tienen tendencia al hipotiroidismo, y rápido en los tendentes al hipertiroidismo.

Recientemente, investigaciones realizadas en gemelos homocigotos han demostrado la interrelación que se sospechaba desde hace tiempo entre la composición corporal y los factores genéticos constantes, que será muy importante ir delimitando en el futuro.

El peso, si bien es una variable que aparece constantemente en la bibliografía, es un indicador de salud muy débil; porque desde un punto de vista antropométrico su alteración traduciría un cambio de la proporcionalidad entre masa grasa y masa magra, pero esta relación está íntimamente ligada a la constitución física del individuo. No hay que olvidar que la grasa tiene un valor energético de 8,84 kcal/g frente 1,20 kcal/g del resto de la composición corporal, lo que explicaría la singularidad por la cual una persona obesa sometida a una dieta restrictiva, o en ayuno, perderá peso a un ritmo menor que un individuo de constitución más enjuta. No nos debe extrañar, por tanto, que la mayoría de los estudios hayan intentado relacionar muchas de las patologías más frecuentes o más graves con el peso, *pese a su inconsistencia como índice sanitario, porque es la variable cineantropométrica más fácil* y cómoda de medir.

12.2. Patologías mas frecuentemente citadas en la bibliografía

12.2.1. Anorexia nerviosa

La anorexia, desde el punto de vista cineantropométrico, es una enfermedad que se caracteriza fundamentalmente por una pérdida muy significativa no solo de masa grasa sino también de masa muscular. Los factores diagnósticos que la definen son muy específicos y, entre ellos, consideramos que deberían incluirse determinadas variables cineantropométricas, pues han demostrado una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa con este proceso. Entre todas ellas destacamos, por ser las que presentan la mayor potencia de asociación, el porcentaje graso y **el pliegue cutáneo de tríceps**; empero, también debemos destacar **el peso**, porque si bien lo hemos definido como una constante muy débil, en el caso concreto de esta patología adquiere una gran importancia, trascendencia que viene asimismo reflejada en el aspecto estadístico. La mayor parte de los estudios realizados coinciden en reseñar **un porcentaje de grasa medio que se sitúa en torno al 7%, si bien algunos autores refieren enfermos incluso por debajo del 5%. En varones esta proporción suele ser más elevada, porque una de las manifestaciones más características en estos pacientes es la de realizar ejercicio físico de manera compulsiva.**

La cineantropometría también se ha empleado para monitorizar el aumento de peso y así alcanzar lo que la mayoría de los trabajos consultados consideraban un **peso adecuado**, que consistía en conseguir un objetivo determinado dentro de cada una de las estrategias de tratamiento. Una vez alcanzado este propósito se comprobó que el incremento se debía a un acúmulo de tejido adiposo, representando en términos generales el 66% del total, frente a un aumento de masa magra de solo un 11%; además acompañado de una paradoja en mujeres, como es el que este aumento de grasa no conseguía revertir en la mayoría de los casos el cuadro de amenorrea femenina (Hechler y cols., 2008; Kerruish y cols., 2002).

El somatotipo obviamente se tiene que modificar, principalmente a partir de un gran incremento del componente ectomórfico. Actualmente esta variable cineantropométrica se está utilizando mucho para evaluar la distorsión de la imagen corporal que sufren estos enfermos, comparando fotográficamente varios ejemplos de somatotipos con la representación subjetiva que tiene el propio paciente de su propia corporalidad (Haas y cols., 2009; Neumarker y cols., 1999). (Véase apartado 7.4.2.4).

12.2.2. Enfermedades cardiovasculares

La cardiopatía isquémica muy frecuentemente es consecuencia del depósito excesivo de grasa en el organismo, que antecedería en muchos años a las manifestaciones clínicas de la enfermedad, pero que se vería reflejado en las variables cineantropométricas correspondientes y, por tanto, la cineantropome-

y el sumatorio total de pliegues, que se aproximan tanto a esa significación que **pueden considerarse como estadísticamente representativos. El cociente subescapular/tríceps tiene asimismo una gran afinidad con la incidencia de cardiopatía isquémica por un lado, y con los factores etiopatogénicos que determinan los índices letales de origen cardiaco, pero exclusivamente en mujeres, por otro** (Piestrzeniewicz, 2009; Zeller, 2008; McGill, 2008; Lee, 2008; Grunfeld, 2008).

La mortalidad de origen cardiovascular en general y la que acontece en particular a varones jóvenes o en la edad media de la vida, independientemente de su hábito tabáquico, además del pronóstico de sufrir un episodio mortal causado por un cuadro de miocardiopatía hipertrófica, si bien en este caso concreto considerada como una entidad independiente, tienen una correlación directamente proporcional y estadísticamente significativa con el diámetro antero-posterior de tórax.

Los pliegues cutáneos (especialmente el subescapular), el diámetro de cintura, el WHR y la masa grasa (bien en su conjunto o en función de su distribución regional) se consideran variables cineantropométricas que determinan la morbilidad y mortalidad de la población por enfermedades cardiovasculares, y están vinculadas a factores tan importantes como son el género y la edad (Leibowitz, 2008; Garrison, 1993; Kannel, 1991). La incidencia del infarto agudo de miocardio (IAM) vendría determinada por el pliegue subescapular exclusivamente, afectando igualmente al sexo masculino y al femenino, por el cociente subescapular/tríceps, o por dicho ratio más la asociación con el diámetro de cintura y el WHR, siendo entonces cuando la incidencia mencionada aparecería en hombres que se encuentran en la edad media de la vida (Elsayed, 2008).

El diámetro de cintura y el WHR, por su alta potencia de asociación, serían factores pronósticos de la morbilidad y mortalidad de la cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular (ACV), particularmente en varones menores de 70 años, independientemente de su grado de obesidad, y de la miocardiopatía hipertrófica en general. Además, presentan una concordancia con las alteraciones del ECG (principalmente el incremento del segmento ST y de la distancia QT), el aumento de la densidad plasmática y la disminución de la capacidad fibrinolítica del organismo (Leibowitz, 2008). Por otro lado, el cociente diámetro antero-posterior de tórax/perímetro de muslo tiene una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa con la probabilidad de sufrir un proceso de cardiopatía isquémica en ambos sexos, o una muerte súbita, pero en este último caso exclusivamente en hombres; correspondencia que tiene una potencia de asociación mayor que la del WHR por separado, que es la variable cineantropométrica que registra la distribución regional de tejido adiposo en el cuerpo.

Muchos autores han querido relacionar la masa muscular y la incidencia de mortalidad cardiaca, pero esta asociación todavía suscita mucha controversia, y la mayoría de los investigadores coincide en que dicha vinculación vendría determinada por el hecho de que este tejido magro sería un indicador del grado de actividad física del individuo, por tanto, de sus hábitos de vida, que sí son de verdad los grandes factores pronósticos de la morbilidad y mortalidad cardiovascular. Estos resultados vendrían refrendados por los trabajos que demuestran que el perímetro de brazo relajado no tendría correlación con la incidencia de miocardiopatía hipertrófica en hombres de etnia caucasiana, pero la discusión se presenta al comprobar como esta dependencia sí existe y, además, es una relación inversamente proporcional, al estudiar varones negros (Wellborn, 2000).

El somatotipo muestra equivalencias con las enfermedades cardiovasculares, y entre sus componentes, la mayor potencia de asociación se corresponde en adultos con la endomorfia y mesomorfia, mientras que es paradójico por lo sorprendente cómo en niños y adolescentes la variable más importante es la ectomorfia. Los últimos estudios en este sentido intentan conjugar la relación de la hipertensión arterial y las patologías cardiovasculares con estos parámetros cineantropométricos (Ellisras *longitudinal growth and Health Study,* 2007).

La cardiopatía isquémica y la angina de pecho en el sexo femenino vienen determinadas no solo por el aumento de peso, sino también por la forma en que esto ocurre, y así, un incremento por encima de 10 kg elevaría el riesgo de sufrir esta enfermedad de manera estadísticamente significativa solo frente a aquellas mujeres que engordan menos de 3 kg. Pero no solo intervendría el peso, sino también la dieta, porque los sujetos sometidos a variaciones cíclicas y restrictivas en su alimentación son susceptibles de desarrollar hipertensión arterial y aumentan el riesgo de fallecer por insuficiencia cardiaca. Además, en episodios hipertensivos, los sujetos solo se beneficiarían de reducciones drásticas de peso, y en estos pacientes es de vital importancia, asimismo, un posterior control del peso, y en muchos casos de la obesidad concomitante, para evitar los excesos recurrentes antes mencionados.

12.2.3. Diabetes mellitus

La diabetes mellitus es una enfermedad que actualmente tiene tales implicaciones clínicas y socioeconómicas que la vamos a considerar como una entidad propia y a describirla aisladamente, separada del resto de las enfermedades metabólicas.

El control del peso es fundamental en la diabetes, especialmente en la diabetes mellitus no insulinodependiente (DMNID), pues está íntimamente ligado a la esperanza de vida de los individuos que la padecen; además, la fluctuación cíclica del mismo, que ya hemos mencionado previamente, produce como efectos secundarios una intolerancia a la glucosa y una resistencia a la insulina. Por otro lado, la *intolerancia a la glucosa, la hiperinsulinemia, y la DMNID tienen una relación directamente proporcional con el acúmulo de grasa subcutánea, sobre todo en la zona abdominal,* reciprocidad que a su vez está muy vinculada con la etnia del individuo. Así, no será el depósito total de tejido adiposo en el organismo el responsable de sufrir esta patología, sino más bien la distribución de masa grasa en la región abdominal y *su equivalencia con los niveles plasmáticos de vitamina D3* (Lee, 2009; Janssen, 2005; Wei, 1997).

El perímetro de cintura tiene una correlación directamente proporcional y estadísticamente significativa con la incidencia de DMNID (en algunos estudios la probabilidad es del orden de once veces mayor)

y, por tanto, debería considerarse como uno de los factores determinantes de la posibilidad de sufrir esta afección. El cociente cintura/cadera también aparece en las publicaciones consultadas como una variable que tiene una potencia de asociación análoga al perímetro señalado, y por tanto, también referida al objeto de discriminar el momento de aparición de la enfermedad; sin embargo, esta dependencia está actualmente muy cuestionada, pues cuando ajustamos este ratio en función del perímetro de cadera, desaparece la mencionada significación estadística.

También es muy importante la distribución regional de tejido graso, localización que está representada por el grosor de los pliegues cutáneos, tanto individualmente (tríceps y subescapular), como en su forma de cociente subescapular/tríceps, actuando así como factores pronósticos que tienen una correspondencia directamente proporcional con la incidencia de DMNID; sin que influya en esta afinidad ni la edad ni el sexo del sujeto; mientras que el perímetro de cintura, el perímetro de cadera y el WHR serían elementos indicativos, per se, de la morbilidad y la mortalidad de aquellas personas que padecen DMNID, independientemente de cualquiera de las constantes descritas para esta patología.

En los pacientes con DMNID últimamente se preconiza el uso del porcentaje de grasa para delimitar su grado de obesidad, y en función de este resultado realizar el control de la nutrición y/o instaurar un tratamiento con antidiabéticos orales (Schulze, 2003; Vickram, 2003).

Los enfermos de diabetes mellitus insulino dependiente (DMID) tienen un morfotipo característico basado en bajos valores de masa grasa y WHR en varones, mientras que las mujeres se definen por altos niveles de masa magra; sin encontrarse en la bibliografía consultada relación de ningún tipo entre la composición corporal de estos enfermos y la ingesta de macronutrientes en su dieta (Gómez, 2001).

La diabetes, sobre todo en el sexo femenino, estaría ligada a valores elevados de la endomorfia y mesomorfia.

12.2.4. Enfermedades gastroenterológicas

Enfermedades inflamatorias intestinales

Es muy importante el estudio de la composición corporal en las enfermedades inflamatorias del intestino, pues se ha comprobado una pérdida relativa de masa grasa con respecto a la masa muscular en la enfermedad de Crohn, como consecuencia del síndrome de malabsorción concomitante. En el síndrome de intestino irritable se ha evidenciado como la nutrición parenteral total produce un aumento de peso sin modificar prácticamente la composición corporal del individuo, debido a que dicho incremento se realizó fundamentalmente a costa de agua corporal y tejido adiposo (Capristo, 1998; Royall, 1995). Al realizarles una valoración antropométrica siempre es necesario valorar si usa tratamiento con corticoides o con inmunodepresores.

Cirrosis hepática

La muerte por causa de cirrosis hepática tiene una relación directamente proporcional muy importante con determinadas variables cineantropométricas, entre las que destacan por su gran potencia de asociación los pliegues cutáneos subescapular y tríceps. El cociente subescapular/tríceps se correlaciona con la esteatosis hepática, cierta resistencia a la acción de la insulina y la obesidad tipo II y tipo IV, observándose un aumento del riesgo de muerte por cirrosis hepática en la obesidad tipo II, que curiosamente no aparece en la obesidad tipo IV (Ioannou, 2005). El perímetro de cintura se ve afectado por la cantidad de líquido ascítico libre en la cavidad peritoneal en estos pacientes, la dieta pobre en sal y el uso de diuréticos.

Fibrosis quística

Los niños con fibrosis quística tienen una disminución estadísticamente significativa de una serie de variables cineantropométricas como son el porcentaje de grasa, la masa grasa y la masa muscular, factores que se utilizan para evaluar tanto el tratamiento farmacológico que les permite aumentar el ritmo de

crecimiento y su masa muscular (especialmente en aquellos que conjugan una DMID y esta enfermedad); como la terapia nutritiva, ya que la fibrosis quística en infantes cursa con una pérdida de proteínas corporales (principalmente musculares) (Marín, 2004; Zipf, 1991; Haffner, 1989).

Litiasis biliar

La litiasis biliar presenta una relación directamente proporcional con el WHR y el cociente de pliegues cutáneos subescapular/tríceps, este último exclusivamente en mujeres y no en hombres. Además, la obesidad tipo II aumenta el riesgo de sufrir patologías de tipo cardiovascular en pacientes que padecen litiasis biliar (Haffner, 1989).

12.2.5. Enfermedades genéticas

El síndrome de Down tiene una relación directamente proporcional con la endomorfia y mesomorfia y es inversamente proporcional a la ectomorfia, coincidiendo con el síndrome de Marfan y la acondroplasia que, con excepción del componente mesomórfico, presentan idénticas equivalencias (Grammatikopoulou, 2008).

El morfotipo masculino y femenino de los pacientes con drepanocitosis o hemoglobinopatías S es muy parecido y se caracteriza por baja/o: talla, peso, diámetros biacromial y biepicondíleo de húmero, perímetro de brazo relajado, porcentaje de grasa, masa grasa y masa magra; con la única diferencia que las variables cineantropométricas tienen unos valores más bajos en los hombres. Los varones también presentan una talla sentado, unos pliegues cutáneos subescapular y de tríceps, un diámetro bicondíleo de fémur y un perímetro de pierna pequeños. Los pacientes prepuberales de ambos sexos, sin embargo, no presentan diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de grasa, masa grasa y masa magra, mientras que en las mujeres adolescentes no encontramos esa significación estadística en el porcentaje de grasa y la masa grasa. Todas estas características son consistentes con algunas de las manifestaciones clínicas de la drepanocitosis más importantes en niños, como son la demora en la maduración sexual y esquelética, con retraso en el crecimiento, y una pérdida de masas grasa y magra, causada por una hipoxia severa, un trastorno del sistema endocrino y un daño proteico y tisular, que serían efectos secundarios propios de este tipo de anemia. Por tanto, se aconseja poderosamente utilizar las variables cineantropométricas de masa magra, masa grasa y porcentaje de grasa para monitorizar el desarrollo de los niños que sufren esta enfermedad (Barden, 2002).

La concentración de leptina, producida por el gen OB, está aumentada en individuos obesos, y tiene una relación directamente proporcional con los pliegues cutáneos subescapular y de tríceps (pero no con el cociente subescapular/tríceps), los diámetros de cintura, de cadera y el WHR, por ende, estaría más relacionado con el depósito total de tejido adiposo que con su distribución regional (Miller, 2009; McGill, 2008).

Los últimos trabajos que se están realizando en este campo se centran en la relación de diversos genes y péptidos con enfermedades cardiovasculares y las del metabolismo de hidratos de carbono y lípidos (Hong, 2008; Souren, 2008; Liu, 2008; Eiholzer, 2008; Zillikens, 2008; Li, 2008; Korostishevsky, 2008; Guijarro, 2008; Di Renzo, 2008; Bohme, 2008; Haffner, 1996).

12.2.6. Enfermedades del metabolismo

La pérdida no localizada de masa grasa tiene una relación directamente proporcional con el metabolismo de los hidratos de carbono y lípidos (McGill, 2008; Hong, 2008; Vikram, 2003; Wei, 1997).

Metabolismo de los hidratos de carbono (HC)

Los pliegues cutáneos de tronco (principalmente el subescapular), que representan el depósito central de tejido adiposo, se corresponden de una manera directamente proporcional con el metabolismo de los hidratos de carbono, y no así los pliegues de extremidades, que implican un acúmulo periférico.

La diabetes se describe como una entidad independiente en el apartado 12.2.3 de este capítulo.

Metabolismo de los lípidos

El grosor de los pliegues cutáneos traduce una distribución regional de masa grasa que estaría relacionada con la hipertrigliceridemia; mientras que la dependencia entre ellos se vincula al metabolismo de los lípidos. Los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos tienen una correlación directamente proporcional con l*os pliegues grasos de tronco y extremidades,* reciprocidad que se ha comprobado en estudios donde se instauraban tratamientos dietéticos o farmacológicos destinados a reducir las concentraciones de los lípidos mencionados en sangre, reflejando unos resultados paradójicos, porque si bien muestran que la potencia de asociación es mayor en el pliegue de tríceps frente al subescapular cuando consideramos exclusivamente los niveles plasmáticos de colesterol, empero, esta relación se invierte, siendo mayor la reciprocidad con el subescapular, cuando consideramos conjuntamente ambas estructuras lipídicas, colesterolemia y trigliceridemia. El colesterol, la fracción lipídica del colesterol (HDL Y LDL) y los triglicéridos tendrían una relación inversamente proporcional al *cociente subescapular/tríceps* y al ejercicio físico, al tiempo que presentan una correspondencia opuesta con las enfermedades metabólicas en general.

El WHR es uno de los indicadores más potentes de estas patologías, y además es directamente proporcional a las concentraciones plasmáticas de VLDL, triglicéridos, glucosa, insulina y ácido úrico; e inversamente proporcional a los niveles de HDL.

El aumento plasmático de ácidos grasos libres favorece la producción hepática de triglicéridos y la liberación en sangre de VLDL, reduciendo los niveles de HDL, como consecuencia de un aumento de la actividad de la lipasa hepática y del lento catabolismo de las lipoproteínas VLDL. El proceso fisiológico responsable de la relación entre el acúmulo graso abdominal y las lipoproteínas estaría también relacionado con la acción de los glucocorticoides y andrógenos, que a su vez tienen una relación directamente proporcional con el depósito central de tejido adiposo y, en consecuencia, con los trastornos del metabolismo de los hidratos de carbono y lípidos.

El síndrome de Klinefelter y las dislipemias, estas últimas exclusivamente en el sexo masculino, coinciden por tener una equivalencia directamente proporcional con la ectomorfia e inversamente proporcional a la mesomorfia.

Metabolismo óseo

El síndrome de Williams, trastorno relacionado con el metabolismo del calcio, está íntimamente ligado a la masa grasa y al porcentaje de grasa (Kaplan, 1998).

12.2.7. Enfermedades neurológicas

La espina bífida, en forma de mielomeningocele, que es una de sus manifestaciones más frecuentes y graves, tiene el inconveniente de originar como efecto secundario un problema de obesidad en niños, sobrepeso que se desarrolla en unos 3 o 4 años, predomina en el sexo femenino y se deposita preferentemente en la región superior del cuerpo y, además, en muchas ocasiones produce una pérdida de masa muscular como consecuencia de una denervación de determinados grupos musculares; complicaciones que no han podido ser todavía satisfactoriamente explicadas. Estos efectos obligan a modificar los hábitos dietéticos, especialmente cuando el peso sobrepasa el 25% del percentil establecido para su edad y sexo. Una de las terapias más efectivas en el tratamiento de esta enfermedad es la realización de algún tipo de actividad física, cuyo control se evalúa por medio de distintas variables cineantropométricas, como son: pliegues cutáneos (bíceps, tríceps, subescapular y supraespinal, siendo el *tríceps el que tiene mayor significación estadística,* mientras el subescapular sería el menos determinante), diámetros de tronco, perímetros de tronco y *cadera* (siendo el más significativo desde el punto de vista estadístico el de *cintura*), porcentaje de grasa, masa grasa y masa magra.

Existe una relación directamente proporcional entre la progresión de la enfermedad de Parkinson y la pérdida de peso, el porcentaje de grasa y el pliegue de tríceps.

El porcentaje muscular, por otro lado, es un buen indicador de la evolución de la esclerosis amiotrófica lateral (Grogan, 1999; Sheperd, 1991).

12.2.8. Obesidad

La obesidad, desde el punto de vista cineantropométrico, se delimita en función de distintas variables y, de entre todas ellas, se destaca en la bibliografía consultada como las más determinantes el porcentaje graso, el perímetro de cintura y el WHR, que estarían íntimamente relacionadas en el sexo femenino con ciertos factores socioeconómicos como son: edad, talla baja, alto número de embarazos, menarquia precoz, ausencia de un consumo de anticonceptivos orales, condiciones de insalubridad, no fumadora ni consumidora de alcohol, sedentarismo, frecuentes cambios de tipo de dieta por realizar numerosos y variados regimenes alimenticios hipocalóricos, y bajo nivel cultural o socioeconómico, en este último caso tanto el sufrirlo en la madurez como durante la infancia (y entre todos ellos los más importantes serían la edad, el sedentarismo, el tabaquismo y los factores socioeconómicos desfavorables en etapas precoces de la vida) (Pischon, 2008; Lahmann, 2000).

Distintos tipos de enfermedades tan heterogéneas como el cáncer, la cardiopatía isquémica, la miocardiopatía hipertrófica, la insuficiencia cardiaca congestiva, la arteriosclerosis, la DMNID, la insuficiencia respiratoria, las patologías renales y vesiculares, la hipertensión arterial, las hepatopatías y la osteoartritis (sobre todo de rodilla) tienen una relación directamente proporcional con la obesidad. Esta correspondencia se mantiene igualmente con el riesgo de sufrir diversas patologías tales como la cardiopatía isquémica, la angina de pecho, patologías hipertensivas, la DMNID y la hipercolesterolemia; si bien, en este último caso no considerada en términos absolutos, es decir, como depósito excesivo de tejido adiposo en el organismo, sino en función de la distribución desproporcionada de la masa grasa en determinadas zonas del cuerpo; estimándose que aproximadamente el 5% de la mortalidad que ocurre en un periodo determinado de la vida, que comprendería desde los 30 hasta los 80 años, sería consecuencia directa de este sobrepeso ocasionado por un exceso de lípidos. *La obesidad, por tanto, no se puede considerar como una enfermedad en sí misma, pero claramente es un factor etiopatogénico de riesgo que hay que tener muy en cuenta, de tal forma que en realidad lo importante no es la valoración puntual de un porcentaje graso, sino la evolución a lo largo del tiempo del depósito de masa grasa, por la relación tan importante que tiene con muchas de las patologías cardiovasculares* (Ke, 2009; Pischon, 2008).

La incidencia de mortalidad, tanto en su conjunto como las ocasionadas por cáncer o patologías cardiovasculares, tiene una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa con la obesidad de varones que se encuentran en la edad media de la vida, y una correspondencia inversamente proporcional con la masa muscular (Oppert, 2002).

La insuficiencia respiratoria asociada al proceso fisiológico de la hipoventilación, también conocido como síndrome de Pickwick, se vincula con la obesidad de manera directamente proporcional.

La obesidad, paradójicamente, sería un factor protector de la osteoporosis en la mujer posmenopáusica, debido a la transformación de andrógenos en estrógenos por un proceso químico de aromatización en el tejido adiposo, incrementando estos niveles hormonales de estrógenos, independientemente de la masa ósea de la paciente. Este mismo proceso metabólico explicaría asimismo la mayor incidencia de cáncer de mama en mujeres posmenopáusicas obesas, y la relación de ese tipo de neoplasias con el depósito de grasa abdominal.

La osteoartritis sería consecuencia del estrés mecánico que sufren las articulaciones, que genera un desgaste y una degradación del cartílago articular, trastorno que desencadenaría a su vez procesos como la hiperuricemia, la hipercolesterolemia o la DMNID como efectos secundarios, y estas patologías son las que estarían asociadas a la obesidad.

La obesidad no es un signo unívoco, se consideran diferentes morfotipos en función de la distribución de tejido adiposo en el cuerpo. Bouchard ha identificado cuatro biotipos de obesidad: tipo I (distribución regular de la masa grasa en todo el cuerpo), tipo II (corresponde al morfotipo androide clásico, con distribución central de masa grasa), tipo III (exceso de tejido adiposo visceral, interno o profundo) y el tipo IV (corresponde al morfotipo ginoide clásico, con distribución periférica de masa grasa). Recogemos la clasificación establecida por Bouchard al ser una clasificación mixta, donde los individuos diagnosticados de obesidad mórbida habitualmente tienen una obesidad tipo I combinada con alguno de los otros morfotipos descritos y, además, se ha demostrado una correspondencia entre estos biotipos y diversas

enfermedades. Para diferenciar los distintos arquetipos de obesidad descritos se ha utilizado el cociente cintura/cadera, de tal forma que esta variable cineantropométrica tiene una relación lineal directamente proporcional a la distribución androide o ginoide de grasa (Vertemati, 2008).(Véase capítulo 9.2).

La obesidad tipo II tiene numerosas relaciones. Por un lado tendría una correspondencia directa con varios factores de riesgo cardiovascular como son: niveles plasmáticos de colesterol, glucosa y ácido úrico, o la presión arterial. Asimismo, presenta una reciprocidad con la posibilidad de sufrir episodios agudos de infarto de miocardio. Igualmente tiene una equivalencia directamente proporcional con: la insuficiencia cardiaca, los accidentes cerebrovasculares (ACV), la incidencia de mortalidad por cirrosis hepática o aquella de etiología cardiovascular, en este último caso exclusivamente en varones. Este tipo de sobrepeso presenta del mismo modo una vinculación con la cardiopatía isquémica tan intensa que su potencia de asociación es similar a la de dicha patología cardiovascular con un factor tan importante como es el tabaco, o con la relación que existe entre la hipertensión y la hiperlipoproteinemia, que se sitúa en torno al 20%.

Existe un aumento de la lipólisis en las obesidades tipo II y III, fundamentalmente procedentes de los depósitos mesentéricos y peritoneales, lo que origina un aumento de ácidos grasos libres en la circulación portal que, a su vez, produce una hiperinsulinemia y consecuentemente una intolerancia a la insulina, especialmente cuando la masa grasa se deposita en la región abdominal; proceso metabólico que está muy asociado a factores genéticos y socioeconómicos (sedentarismo o dietas ricas en grasas y azúcares refinados). La conjunción de las obesidades tipo II y III se han descrito como los tipos de obesidad más perjudiciales para la salud, sobre todo cuando están asociadas a otras patologías: hipertensión, cardiopatía isquémica, hiperlipoproteinemias, DMNID, cáncer de endometrio y mama (en el cáncer de mama la obesidad tipo II sería un factor desencadenante de la enfermedad en el sexo femenino). La de tipo III está vinculada al metabolismo de lípidos, de tal forma que en estos pacientes se incrementa también el riesgo de sufrir cardiopatía isquémica.

La obesidad tipo IV, específicamente, protegería del cáncer de mama en mujeres premenopáusicas.

Reseñar, que lógicamente el sobrepeso está íntimamente relacionado con el componente endomórfico del somatotipo.

Por último, debemos mencionar cómo los trabajos más novedosos de la bibliografía consultada se centran en la relación de la obesidad y su componente genético (Zobel, 2009; Loos, 2008; Sampei, 2008).

12.2.9. Enfermedades oncológicas

La mortalidad por cáncer tiene una relación directamente proporcional con determinadas variables cineantropométricas como son: el diámetro antero-posterior de tórax y los perímetros de brazo relajado y muslo, estos últimos representantes del conjunto de la masa muscular (una vez ajustados los pliegues grasos de las extremidades), relación que se traduce en una distribución gráfica en forma de J invertida; si bien, por otro lado, se corresponden de manera inversamente proporcional con la suma de los perímetros de brazo relajado y anterior de muslo. Los pliegues cutáneos del tronco (subescapular, axilar y abdominal), en varones, tienen una equivalencia estadísticamente significativa que se representa de forma lineal, mientras que los de las extremidades (bíceps, tríceps y anterior de muslo) originan una expresión gráfica en forma de U; todo ello independientemente del tipo de neoplasia y de su porcentaje de supervivencia a los 5 años, reforzando la teoría de que la obesidad tipo II estaría implicada en el índice de mortalidad de los pacientes con cáncer (Laky, 2008).

La mortalidad oncológica presenta una correlación directamente proporcional al perímetro de cintura y al WHR; y también con algunas variables cineantropométricas, pero exclusivamente en varones que se encuentran en la edad media de la vida, sin tener en cuenta su hábito tabáquico: *los pliegues cutáneos periféricos (bíceps, tríceps y axilar) y su relación cuadrática, el diámetro antero-posterior de tórax y los perímetros de brazo relajado y muslo medio por el punto anterior de muslo, así como su adición* y el cuadrado de la suma final de los mismos; además, esta relación, que se considera directamente proporcional, es estadísticamente significativa cuando examinamos los *factores que determi-*

nan la masa grasa de las extremidades y la masa muscular en general. Los perímetros mencionados y sus relaciones matemáticas serían factores pronósticos de la enfermedad, que asociados al diámetro mencionado y a otros diámetros incrementarían su potencia de asociación con los índices de mortalidad por cáncer (Oppert, 2002).

Los individuos que tienen menor probabilidad de fallecer por causas oncológicas se caracterizan cineantropométricamente por presentar un morfotipo definido por un escaso grosor de pliegue tricipital y un diámetro de brazo relajado pequeño, especialmente en personas mayores. Pero no solo intervienen estas variables, sino que además tenemos que considerar el porcentaje de grasa y la masa magra, especialmente la proporción de tejido muscular, porque precisamente los bajos niveles de ambos factores están intrínsecamente relacionados con la competencia del sistema inmunitario. Existe, asimismo, una relación inversamente proporcional y estadísticamente significativa entre la masa muscular y la mortalidad de etiología oncológica.

No solo se ha estudiado la defunción originada por este tipo de patología, sino también la posibilidad de sufrir en adultos esta clase de enfermedades en función de variables cineantropométricas que se podrían medir y evaluar en la infancia (fundamentalmente los diámetros de tronco, y en especial el biacromial por ser el de mayor potencia de asociación, y la longitud del pie) (Whitley, 2002).

Existe un correspondencia directamente proporcional entre la endomorfia y el cáncer de endometrio, e inversamente proporcional de la mesomorfia con el cáncer cervical.

El peso estaría relacionado con la morbilidad de los carcinomas de vesícula biliar, cervix, endometrio, útero, ovario y mama en mujeres; mientras que en hombres aumenta los de próstata, recto y colon.

Cáncer de colon

La incidencia del cáncer de colon en varones es directamente proporcional al pliegue graso subescapular, pero no al de tríceps; aconteciendo todo lo contrario en mujeres, lo que refuerza la teoría de la obesidad como factor pronóstico de este tipo de tumores (Ford, 1999). En un estudio multicéntrico europeo reciente se ha demostrado una correlación entre este tipo de neoplasia y el WHR, tanto en hombres como en mujeres (Pischon, 2006), dato importante a tomar como valor preventivo, dada la alta incidencia en el mundo de esta enfermedad oncológica.

Cáncer de endometrio

Los pliegues cutáneos centrales (especialmente el subescapular), el de tríceps; y el cociente subescapular/tríceps, están relacionados de una manera directamente proporcional con el cáncer de endometrio, lo que aumenta su vinculación con la obesidad, sobre todo de tipo II, reflejándose bioquímicamente en un aumento de la concentración plasmática de estrógenos y androstendiona. Igualmente, el WHR tiene una correspondencia directamente proporcional con esta enfermedad; si bien, por otro lado, se ha descrito en la bibliografía un cociente de los diámetros biileocrestal/condíleo de fémur sin ninguna relación significativa con su etiopatogenia (Epplein, 2008; Austin, 1991; Folsom, 1989).

Cáncer de mama

La talla y talla sentado son variables cineantropométricas que tienen una relación directamente proporcional con el cáncer de mama, con una potencia de asociación tal que deberían considerarse por sí mismas como factores pronósticos independientes de la presentación de dicho tumor, especialmente en mujeres posmenopáusicas, pues no tienen equivalencia con los factores que determinan la mortalidad en este tipo de neoplasias; ni con otros elementos de tipo socioeconómico relacionados con esta enfermedad, como son: el grado de desarrollo de los países y los hábitos nutricionales de su población. La concordancia entre la estatura y el cáncer de mama se explicaría por el número de células madre en el feto, que son precursoras del sistema neuronal y se transformarían posteriormente en tejido mamario, además de otras constantes genéticas asociadas a hormonas endógenas, como son la insulina y los factores de crecimiento (Shu, 2001; Galanis, 1998; Ziegler, 1997).

El cáncer de mama, por tanto, tiene una influencia genética clara. Así, debemos señalar cómo en las historias familiares de dicha patología, los sujetos de primer grado tienen un mayor grosor de pliegues cutáneos abdominal y supraespinal, y un WHR más elevado (Ford, 1999). Este carcinoma tiene una relación inversamente proporcional con los pliegues cutáneos de tronco y con el de tríceps (aumentando el riesgo de mortalidad en un 12% cada vez que el pliegue incrementa su grosor en 5 mm).

Además se ha descrito un cociente de pliegues de tronco (subescapular, pectoral y abdominal)/ extremidades (tríceps y anterior de muslo) que aumentaría la probabilidad de fallecimiento oncológico hasta en un 70%, mientras que el cociente supraespinal/anterior de muslo estaría relacionado con el índice de supervivencia (una vez diagnosticado, previamente, el grado invasivo del tumor) (Shapira, 1993; Ballard-Barbash, 1990).

El diámetro biepicondíleo de húmero, los perímetros de cintura y de cadera, independientemente, el porcentaje de grasa, la masa grasa y la masa magra tienen una relación directamente proporcional con la patología de estudio (sobre todo en los tumores indiferenciados, tipo II, y en mujeres con historia, bien de menopausia precoz o menopausias de instauración superior a los 15 años, en este último caso el pronóstico se vincula al hecho de que la paciente se someta a tratamientos hormonales sustitutivos), siendo importante mencionar cómo precisamente el diámetro biepicondíleo de húmero y los perímetros de cintura y cadera serían las variables cineantropométricas que actuarían como unos indicadores pronósticos en mujeres premenopáusicas muy importantes, y por ende su morfotipo vendría definido por un diámetro de cadera pequeño y un WHR elevado (Swanson, 1988). Todo lo que hemos mencionado se puede aplicar también al cociente cintura/cadera (especialmente en mujeres con antecedentes familiares de sufrir esta enfermedad), donde la incidencia de este tipo de tumores es doble, tanto en mujeres posmenopáusicas obesas, frente a aquellas que presentan una masa grasa baja, como en féminas jóvenes. En estas mujeres jóvenes la incidencia de padecer esta afección se correspondería de una manera directamente proporcional con el WHR mas los factores cineantropométricos que nos determinan el depósito de tejido adiposo, excepto para una subpoblación muy particular conformada por las mujeres premenopáusicas de países con una alta incidencia de cáncer de mama (Jain, 1994; Swanson, 1988). Esta relación se explicaría en función de las hormonas esteroides, porque al aumentar los estrógenos libres en sangre, se reducen los triglicéridos y las proteínas transportadoras de hormonas sexuales (asociadas a su vez con un mayor WHR), se produciría un aumento de testosterona (igualmente relacionado con ese cociente cintura/cadera) asociado a una transformación de andrógenos en estrona; como consecuencia de un depósito de grasa abdominal, acúmulo que predomina en los obesos tipo II; y en base a estos efectos fisiológicos, intervendrían en mayor o menor medida las variables nutritivas y de actividad física (Lahmann, 2004; Jain, 1994).

También parece ser que actuaría como un elemento etiopatogénico el aumento de ciclos anovulatorios en mujeres premenopáusicas obesas, lo que disminuiría los niveles de estrógenos y progesterona, reduciendo, por tanto, la fase lútea de los ciclos ovulatorios.

Igualmente la masa ósea, como variable independiente, sería función de esta patología, sugiriendo una relación entre la osteoporosis en la posmenopausia y el cáncer de mama, que se manifiesta por el efecto del metabolismo de la insulina, los factores de crecimiento (sobre todo el TGF-β) y las citoquinas (McTiernan, 2003; Zmuda, 2001).

El peso (a partir de los 40 años) y, sobre todo, un incremento gradual del mismo a partir de los 18, aumentan el riesgo de padecer la enfermedad, su recurrencia y disminuye el índice de supervivencia.

Cáncer de pulmón

El WHR tiene una relación directamente proporcional con el cáncer de pulmón, independientemente del hábito tabáquico. Existe también una correspondencia no estadísticamente significativa entre pacientes ex fumadores y fumadores, donde el pronóstico de sufrir la enfermedad es inferior en los primeros, siempre y cuando presenten unos valores de masa grasa menores que los segundos, si bien curiosamente estas diferencias asociadas a la composición corporal no aparecen en el rango de edad que se sitúa en torno a los 18 años (Kabat, 2008; Drinkard, 1995).

12.2.10. Patologías quirúrgicas

La antropometría ha sido ampliamente utilizada antes y después de las operaciones quirúrgicas que se realizan por laparoscopia en la obesidad mórbida. En aquellos estudios que han incorporado la evaluación de las variables cineantropométricas dentro del control de peso tras la intervención, además de dicho peso, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas con respecto al estado basal en: pliegues cutáneos, perímetro de cintura y porcentaje de grasa, determinando que la pérdida de peso posterior a la cirugía era principalmente debida a la masa grasa, responsable fundamental del sobrepeso, al ser la masa magra equivalente a sujetos normopesos.

El postoperatorio, tras importantes intervenciones quirúrgicas, en niños (trasplantes hepáticos, renales, etc.) requiere una terapia nutritiva que se valora por medio de factores cineantropométricos (talla, peso, pliegue cutáneo de tríceps, masa grasa y masa magra). Los infantes que han sufrido operaciones de vesícula biliar y páncreas tienen una pérdida tanto de masa grasa como de masa magra, y esta disminución de tejido se relaciona de manera logarítmica, de tal forma que la mayoría del déficit se produce a costa de tejido magro. Esto obliga a un control exhaustivo de la nutrición postoperatoria, tanto oral como parenteral, porque en caso contrario el aumento de peso no sería debido a la masa magra, que sería lo deseable, sino al tejido adiposo (Winthrop, 1987).

En el caso de los adultos y niños trasplantados de riñón se ha encontrado una correlación del estado nutricional con la incidencia de mortalidad; y de la masa grasa tanto con los marcadores plasmáticos de los procesos inflamatorios del organismo (proteína C reactiva, interleukinas 1 y factor de necrosis tumoral α) como con la dosis de corticoides administrada (prednisona), por eso no es raro encontrar niveles más altos de masa grasa en estos pacientes, aún en aquellos sometidos a una nutrición controlada, teniendo en cuenta que no hay que caer en el error de desechar una terapia nutritiva adecuada, porque durante los tres primeros meses del postoperatorio, el incremento de peso es a costa de tejido adiposo, y solo posteriormente es cuando empieza a incrementarse la masa magra, sobre todo la masa muscular (Johansen, 2003; Adami, 1987).

En la selección de la nutrición parenteral ambulatoria y por diálisis peritoneal posquirúrgica se han utilizado las determinaciones cineantropométricas de pliegue tricipital, perímetro de brazo relajado, masa grasa y masa muscular para evaluar el estatus nutritivo de niños y adultos. Entre todas las variables, la única que no presenta cambios estadísticamente significativos es el perímetro de brazo relajado; siendo éstas evaluaciones de gran importancia, porque gracias a ellas se evidenció que el aumento de peso en pacientes ambulatorios adultos con nutrición parenteral era fundamentalmente a costa de masa grasa, con un ligero aumento de masa ósea, pero sin cambios en la masa muscular (Miller, 2008; Johansen, 2003; Matarese, 2002).

12.2.11. Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA)

Uno de los efectos secundarios que produce el SIDA, sobre todo en niños, es el retraso del crecimiento, que tiene una relación directamente proporcional con la pérdida de masa grasa y magra, además de la incapacidad para recuperar la composición corporal previa, evaluándose esta dificultad a través de los pliegues cutáneos y su correspondiente porcentaje graso, utilizando diferentes ecuaciones según la bibliografía consultada, sin llegar a un consenso para determinar cuál de ellas sería la idónea. La importancia de las variables cineantropométricas radica en que en los infantes que se han infectado por el virus en la etapa perinatal, en ausencia de procesos infecciosos, no aumentan el metabolismo catabólico, y con una dieta adecuada pueden mantener un ritmo de crecimiento acorde con los de su edad y sexo. En niños también existe una correspondencia inversamente proporcional entre la masa magra y la concentración plasmática de ARN viral, la carga viral y su velocidad de crecimiento anual. Encontramos, asimismo, un dimorfismo sexual en los pacientes prepuberales infectados, ya que en aquellos que mantienen un ritmo de crecimiento normal, hay pérdida de masa magra en varones, pero no en mujeres (Chantry, 2008; Arpadi, 2000; Alfaro, 1995).

En pacientes adultos la pérdida de composición corporal se controla a través del peso, los pliegues cutáneos subescapular y tríceps, el perímetro de brazo relajado y el porcentaje graso, observándose en

hombres un déficit mayor de tejido adiposo en los depósitos periféricos frente a los centrales. En mujeres , la disminución de masa grasa es mucho más evidente e importante que en varones. También encontramos una reciprocidad entre la reducción de masa magra y los niveles plasmáticos de andrógenos (Cofrancesco, 2009; Scherzer, 2008; Forrester, 2008; Padilla, 2007; Parisien, 1993).

Los últimos estudios llevados a cabo están relacionando las variables cineantropométricas con la eficacia de los tratamientos del SIDA (Aldrovandi, 2009; Messou, 2008).

12.2.12. Enfermedades traumatológicas y ortopédicas

El exceso de peso tiene una correspondencia directamente proporcional con la osteoartritis, especialmente de las articulaciones de rodilla y cadera (Teichtahl, 2008; Takigami, 2008; Segal, 2008; Ensrud, 1997).

El somatotipo predominantemente mesomorfo y mesoendomorfo está relacionado con las patologías agudas, esguinces y elongaciones, mientras que una mayor ectomorfia sería susceptible de originar lesiones crónicas.

La osteocondritis de la articulación de cadera o síndrome de Perthes-Calvé-Legg está íntimamente vinculada al morfotipo mesomórfico balanceado.

La incidencia y el riesgo de sufrir fracturas de cadera en mujeres posmenopáusicas tienen una correlación directamente proporcional al peso, el diámetro biileocrestal, el porcentaje graso, la masa grasa y la masa magra (Sze, 2008; Sudo, 2008; Parker, 2008; meyer, 2008; Body, 2008; Ensrud, 1997).

Bibliografía

- Adami G, Gianetta E, Barreca A, Friedman D, Traverso E, Scopinaro N. Body composition after "very-little-stomach" biliopancreatic bypass [abstract]. *Eur Surg Res* 1987; 19(2):91-7.
- Aldrovandi GM, Lindsey JC, Jacobson DL, Zadzilka A, Sheeran E, Moye J, Borum P, Meyer WA, Hardin DS, Mulligan K. Morphologic and metabolic abnormalities in vertically HIV-infected children and youth. *Aids* 2009; 23(6):661-72.
- Alfaro MP, Siegel RM, Baker RC, Heubi JE. Resting energy expenditure and body composition in pediatric HIV infection[abstract]. *Pediatr AIDS HIV Infect* 1995; 6(5):276-80.
- Arpadi SM, Cuff PA, Kotler DP, Wang J, Bamji M, Lange M et al. Growth velocity, fat-free mass and energy intake are inversely related to viral load in HIV-infected children. *J Nutr* 2000; 130(10):2498-2502.
- Austin H, Austin JM Jr, Partridge EE, Hatch KD, Shingleton HM. Endometrial cancer, obesity, and body fat distribution. *Cancer Res* 1991; 51(2):568-72.
- Ballard-Barbash R, Schatzkin A, Carter CL, Kannel WB, Kreger BE, D´Agostino RB *et al.* Body fat distribution and breast cancer in the Framingham Study [abstract]. *J Natl Cancer Inst* 1990; 82(4):286-90.
- Barden EM, Kawchak DA, Ohene-Frempong K, Stallings VA, Zemel BS. Body composition in children with sickle cell disease. *Am J Clin Nutr* 2002; 76(1):218-25.
- Body JJ, Moreau M, Bergmann P, Paesmans M, Dekelver C, Lemaire ML. Absolute risk fracture prediction by risk factors validation and survey of osteoporosis in a Brussels cohort followed during 10 years (FRISBEE study). *Rev Med Brux* 2008; 29(4):289-93.
- Bohme M, Grallert H, Fischer A, Gieger C, Nitz I, Heid I, Kohl C, Wichmann HE, Illig T, Doring F. MTTP variants and body mass index, waist circumference and serum cholesterol level: Association analyses in 7582 participants of the KORA study cohort. *Mol Genet Metab* 2008; 95(4):229-32.
- Capristo E, Addolorato G, Mingrone G, Greco AV, Gasbarrini G. Effect of disease localization on the anthropometric and metabolic features of Crohn´s disease. *Am J Gastroenterol* 1998; 93(12):2411-9.
- Chantry CJ, Hughes MD, Alvero C, Cervia JS, Hodge J, Borum P, Moye J Jr; PACTG 1010 Team; Collaborators (83). Insulin-like growth factor-1 and lean body mass in HIV-infected children. *J Acquir Immune Defic Syndr* 2008; 48(4):437-43.

- Cofrancesco J, Freedland E, McComsey G. Treatment options for HIV-associated central fat accumulation. *AIDS Patient Care STDS* 2009; 23(1):5-18.
- Di Renzo L, Bertoli A, Bigioni M, Del Gobbo V, Premrov MG, Calabrese V, Di Daniele N, De Lorenzo A. Body composition and -174G/C interleukin-6 promoter gene polymorphism: association with progression of insulin resistance in normal weight obese syndrome. *Curr Pharm Des* 2008; 14(26):2699-706.
- Drinkard CR, Sellers TA, Potter JD, Zheng W, Bostick RM, Nelson CL et al. Association of body fat distribution with risk of lung cancer in older women. *Am J Epidemiol* 1995; 142(6):600-7.
- Eiholzer U, Meinhardt U, Gallo C, Schlumpf M, Rousson V, l'Allemand D. Association between foot growth and musculoskeletal loading in children with Prader-Willi syndrome before and during growth hormone treatment. *J Pediatr* 2009; 154(2):225-29.
- Ellisras longitudinal growth and health study. Makgae PJ, Monyeki KD, Brits SJ, Kemper HC, Mashita J. Somatotype and blood pressure of rural South African children aged 6-13 years. *Ann Hum Biol* 2007; 34(2):240-51.
- Elsayed EF, Tighiouart H, Weiner DE, Griffith J, Salem D, Levey AS, Sarnak MJ. Waist-to-hip ratio and body mass index as risk factors for cardiovascular events in CKD. *Am J Kidney Dis* 2008; 52(1):49-57.
- Ensrud KE, Lipschutz RC, Cauley JA, Seeley D, Nevitt MC, Scott J et al. Body size and hip fracture risk in older women: a prospective study. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Am J Med* 1997; 103(4):274-80.
- Epplein M, Reed SD, Voigt LF, Newton KM, Holt VL, Weiss NS. Risk of complex and atypical endometrial hyperplasia in relation to anthropometric measures and reproductive history. *Am J Epidemiol* 2008; 168(6):563-76.
- Farreras P, Rozman C. *Medicina Interna. 13ª ed.* Madrid. Mosby-Doyma Libros; 1995.
- Folsom AR, Kaye SA, Potter JD, Prineas RJ. Association of incident carcinoma of the endometrium with body weight and fat distribution in older women: early findings of the Iowa Women´s Health Study. *Cancer Res* 1989; 49(23):6828-31.
- Ford ES. Body mass index and colon cancer in a nacional sample of adult US men and women. *Am J Epidemiol* 1999; 150(4): 390-8.
- Forrester JE, Sheehan HM, Joffe TH. A validation study of body composition by bioelectrical impedance analysis in human immunodeficiency virus (HIV)-positive and HIV-negative Hispanic men and women. *J Am Diet Assoc* 2008; 108(3):534-38.
- Galanis DJ, Kolonel LN, Lee J, Le Marchand L. Anthropometric predictors of breast cancer incidence and survival in a multi-ethnic cohort of female residents of Hawaii, United States. Cancer Causes Control 1998; 9(2):217-24.
- Garrison RJ, Kannel WB. A new approach for estimating healthy body weights [abstract]. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17(7):417-23.
- Gómez JM, Maravall FJ, Soler J, Fernández-Castañer M. Body composition assessment in type 1 diabetes mellitus patients over 15 years old. *Horm Metab Res* 2001; 33(11):670-3.
- Grammatikopoulou MG, Manai A, Tsigga M, Tsiligiroglou-Fachantidou A, Galli-Tsinopoulou A, Zakas A. Nutrient intake and anthropometry in children and adolescents with Down syndrome--a preliminary study. *Dev Neurorehabil* 2008; 11(4):260-67.
- Grogan CB, Ekvall SM. Body composition of children with myelomeningocele, determined by 40K, urinary cretinine and anthropometric measures. *J Am Coll Nutr* 1999; 18(4):316-23.
- Grunfeld C, Kotler DP, Arnett DK, Falutz JM, Haffner SM, Hruz P, Masur H, Meigs JB, Mulligan K, Reiss P, Samaras K. Contribution of metabolic and anthropometric abnormalities to cardiovascular disease risk factors. *Circulation* 2008; 118(2):20-28.
- Guijarro M, Valero C, Paule B, González-Macías J, Riancho JA. Bone mass in young adults with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2008; 52:182-89.
- Haas VK, Kohn MR, Clarke SD, Allen JR, Madden S, Muller MJ, Gaskin KJ. Body composition changes in female adolescents with anorexia nervosa. *Am J Clin Nutr* 2009; 89(4):105-10.
- Haffner SM, Diehl AK, Stern MP, Hazuda HP. Central adiposity and gallbladder disease in Mexican Americans. *Am J Epidemiol* 1989; 129(3):587-95.
- Haffner SM, Gingerich RL, Miettinen H, Stern MP. Leptin concentrations in relation to overall adiposity and regional body fat distribution in Mexican Americans. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1996; 20(10):904-8.
- Hechler T, Rieger E, Touyz S, Beumont P, Plasqui G, Westerterp K. Physical activity and body composition in outpatients recovering from anorexia nervosa and healthy controls. *Adapt Phys Activ Q* 2008; 25(2):159-73.
- Hong SN, Ahn Y, Yoon NS, Moon JY, Kim KH, Hong YJ, Park HW, Kim JH, Jeong MH, Cho JG, Park JC, Kang JC. N-terminal pro-B-type natriuretic peptide level is depressed in patients with significant coronary artery disease who have high body mass index. *Int Heart J* 2008; 49(4):403-12.
- Ioannou GN, Weiss NS, Boyko EJ, Kowdley KV, Kahn SE, Carithers RL et al. Is central obesity associated with cirrhosis-related death or hospitalization? A population-based, cohort study [abstract]. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2005; 3(1):67-74.

- Jain M, Miller AB. Pre-morbid body size and the prognosis of women with breast cancer. *Int J Cancer* 1994; 59(3):363-8.
- Janssen I, Katzmarzyk PT, Srinivasan SR, Chen W, Malina RM, Bouchard C, Berenson GS. Combined influence of body mass index and waist circumference on coronary artery disease risk factors among children and adolescents. *Pediatrics* 2005; 115(6):1623-30.
- Johansen KL, Kaysen GA, Young BS, Hung AM, Da Silva M, Chertow GM. Longitudinal study of nutrition status, body composition, and physical function in hemodialysis patients. *Am J Clin Nutr* 2003; 77(4):842-6.
- Kabat GC, Kim M, Hunt JR, Chlebowski RT, Rohan TE. Body mass index and waist circumference in relation to lung cancer risk in the Women's Health Initiative. *Am J Epidemiol* 2008; 168(2):158-69.
- Kannel WB, Cupples LA, Ramaswami R, Stokes J 3rd, Kreger BE, Higgins M. Regional obesity and risk of cardiovascular disease; the Framingham Study [abstract]. *J Clin Epidemiol* 1991; 44(2):183-90.
- Kaplan AS, Stallings VA, Zemel BS, Green KA, Kaplan P. Body composition, energy expenditure, and energy intake in patients with Williams syndrome. *J Pediatr* 1998; 132(2):223-7.
- Ke L, Brock KE, Cant RV, Li Y, Morrell SL. The relationship between obesity and blood pressure differs by ethnicity in Sydney school children. *Am J Hypertens* 2009; 22(1):52-58.
- Kerruish KP, O´Connor J, Humphries IRJ, Kohn MR, Clarke SD, Briody JN et al. Body composition in adolescents with anorexia nervosa. *Am J Clin Nutr* 2002; 75(1):31-7.
- Korostishevsky M, Vistoropsky Y, Malkin I, Kobyliansky E, Livshits G. Anthropometric and bone-related biochemical factors are associated with different haplotypes of ANKH locus. *Ann Hum Biol* 2008; 35(5):535-46.
- Lahmann PH, Hoffmann K, Allen N, Van Gils CH, Khaw KT, Tehard B et al. Body size and breast cancer risk: findings from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Int J Cancer* 2004; 111(5):762-71.
- Lahmann PH, Lissner L, Gullberg B, Berglund G. Sociodemographic factors associated with long term weight gain, current body fatness and central adiposity in Swedish women [abstract]. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24(6):685-94.
- Laky B, Janda M, Cleghorn G, Obermair A. Comparison of different nutritional assessments and body-composition measurements in detecting malnutrition among gynecologic cancer patients. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(6):1678-85.
- Lee DC, Sui X, Church TS, Lee IM, Blair SN. Associations of cardiorespiratory fitness and obesity with risks of impaired fasting glucose and type 2 diabetes in men. *Diabetes Care* 2009; 32(2):257-62.
- Lee SH, Park JS, Kim W, Shin DG, Kim YJ, Kim DS, Choi DJ, Han KR, Kim CJ, Cho MC, Chae SC, Jeong MH; Korean Acute Myocardial Infarction Registry Investigators. Impact of body mass index and waist-to-hip ratio on clinical outcomes in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction (from the Korean Acute Myocardial Infarction Registry). *Am J Cardiol* 2008; 102(8):957-65.
- Leibowitz KL, Moore RH, Stunkard AJ, Stallings VA, Berkowitz RI, Stettler N, Chittams JL, Faith MS. Cardiovascular disease risk factor (CVDRF) associated waist circumference patterns in obese-prone children. *Int J Pediatr Obes* 2008; 20:1-10.
- Li LH, Li Y, Wen Y, Wang JG. Anthropometric and metabolic phenotypes in relation to the ADRA2B deletion/insertion polymorphism in Chinese population. *J Hypertens* 2008; 26(11):2161-67.
- Liu X, Zhao LJ, Liu YJ, Xiong DH, Recker RR, Deng HW. The MTHFR gene polymorphism is associated with lean body mass but not fat body mass. *Hum Genet* 2008; 123(2):189-96.
- Loos RJ *et al.* Common variants near MC4R are associated with fat mass, weight and risk of obesity. *Nat Genet* 2008; 40(6):768-75.
- Marin VB, Velandia S, Hunter B, Gattas V, Fielbaum O, Herrera O *et al.* Energy expenditure, nutrition status, and body composition in children with cystic fibrosis. *Nutrition* 2004; 20(2):181-6.
- Matarese LE, Steiger E, Seidner DL, Richmond B. Body composition changes in cachectic patients receiving home parenteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2002; 26(6):366-71.
- McTiernan A, Rajan KB, Tworoger SS, Irwin M, Bernstein L, Baumgartner R et al. Adiposity and sex hormones in postmenopauseal breast cancer survivors. *J Clin Oncol* 2003; 21(10):1961-6.
- Messou E, Gabillard D, Moh R, Inwoley A, Sorho S, Eholie S, Rouet F, Seyler C, Danel C, Anglaret X. Anthropometric and immunological success of antiretroviral therapy and prediction of virological success in west African adults. *Bull World Health Organ* 2008; 86(6):435-42.
- Meyer HE, Sogaard AJ, Falch JA, Jorgensen L, Emaus N. Weight change over three decades and the risk of osteoporosis in men: the Norwegian Epidemiological Osteoporosis Studies (NOREPOS). *Am J Epidemiol* 2008; 168(4):454-60.
- Miller LE, Volpe JJ, Coleman-Kelly MD, Gwazdauskas FC, Nickols-Richardson SM. Anthropometric and leptin changes in women following different dietary approaches to weight loss. *Obesity* 2009; 17(1):199-201.
- Miller M, Wong WK, Wu J, Cavenett S, Daniels L, Crotty M. Upper-arm anthropometry: an alternative indicator of nutritional health to body mass index in unilateral lower-extremity amputees?. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89(10):2031-3.

- Neumarker KJ, Bartsch AJ, Bzufka MW, Dudeck U, Greil H, Neumarker U. [Anorexia nervosa-the triad of metric index, BMI age-specific percentile curve and goal weight] [Article in German] [abstract]. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother* 1999; 27(1):5-17.
- Oppert JM, Charles MA, Thibult N, Guy-Grand B, Eschwege E, Ducimetiere P. Anthropometric estimates of muscle and fat mass in relation to cardiac and cancer mortality in men: the Paris Prospective Study. *Am J Clin Nutr* 2002; 75(6):1107-13.
- Padilla S, Gallego JA, Masiá M, Ardoy F, Hernández I, Gutiérrez F. Ultrasonography and anthropometry for measuring regional body fat in HIV-infected patients. *Curr HIV Res* 2007; 5(5):459-66.
- Parisien C, Gelinas MD, Cossette M. Comparison of anthropometric measures of men with HIV: asymptomatic, symptomatic, and AIDS. *J Am Diet Assoc* 1993; 93(12):1404-8.
- Parker ED, Pereira MA, Virnig B, Folsom AR. The association of hip circumference with incident hip fracture in a cohort of postmenopausal women: the Iowa Women's Health Study. *Ann Epidemiol* 2008; 18(11):836-41.
- Piestrzeniewicz K, Luczak K, Goch JH. Factors associated with C-reactive protein at the early stage of acute myocardial infarction in men. *Cardiol J* 2009; 16(1):36-42.
- Pischon T, Boeing H, Hoffmann K, Bergmann M, Schulze MB, Overvad K, van der Schouw YT, Spencer E, Moons KG, Tjønneland A, Halkjaer J, Jensen MK, Stegger J, Clavel-Chapelon F, Boutron-Ruault MC, Chajes V, Linseisen J, Kaaks R, Trichopoulou A, Trichopoulos D, Bamia C, Sieri S, Palli D, Tumino R, Vineis P, Panico S, Peeters PH, May AM, Bueno-de-Mesquita HB, van Duijnhoven FJ, Hallmans G, Weinehall L, Manjer J, Hedblad B, Lund E, Agudo A, Arriola L, Barricarte A, Navarro C, Martínez C, Quirós JR, Key T, Bingham S, Khaw KT, Boffetta P, Jenab M, Ferrari P, Riboli E. General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *N Engl J Med* 2008; 359(20):2105-20.
- Pischon T, Lahmann PH, Boeing H, Friedenreich C, Norat T, Tjønneland A, Halkjaer J, Overvad K, Clavel-Chapelon F, Boutron-Ruault MC, Guernec G, Bergmann MM, Linseisen J, Becker N, Trichopoulou A, Trichopoulos D, Sieri S, Palli D, Tumino R, Vineis P, Panico S, Peeters PH, Bueno-de-Mesquita HB, Boshuizen HC, Van Guelpen B, Palmqvist R, Berglund G, González CA, Dorronsoro M, Barricarte A, Navarro C, Martínez C, Quirós JR, Roddam A, Allen N, Bingham S, Khaw KT, Ferrari P, Kaaks R, Slimani N, Riboli E. Body size and risk of colon and rectal cancer in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition (EPIC). *J Natl Cancer Inst* 2006; 98(13):920-31.
- Royall D, Greenberg GR, Allard JP, Baker JP, Jeejeebhoy KN. Total enteral nutrition support improves body composition of patients with active Crohn's disease. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1995; 19(2):95-9.
- Sabiston DC Jr. *Tratado de Patología Quirúrgica. Bases biológicas de la práctica quirúrgica moderna. 13ª ed.* México, DF. Interamericana McGraw-Hill; 1986.
- Sampei MA, Novo NF, Juliano Y, Sigulem DM. Anthropometry and body composition in ethnic Japanese and Caucasian adolescent boys. *Pediatr Int* 2008; 50(5):679-86.
- Schapira DV, Kumar NB, Lyman GH. Variation in body fat distribution and breast cancer risk in the familias of patients with breast cancer and control families. *Cancer* 1993; 71(9):2764-8.
- Scherzer R, Shen W, Bacchetti P, Kotler D, Lewis CE, Shlipak MG, Heymsfield SB, Grunfeld C. Simple anthropometric measures correlate with metabolic risk indicators as strongly as magnetic resonance imaging-measured adipose tissue depots in both HIV-infected and control subjects. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(6): 1809-17.
- Scherzer R, Shen W, Bacchetti P, Kotler D, Lewis CE, Shlipak MG, Punyanitya M, Heymsfield SB, Grunfeld C. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging-measured adipose tissue depots in HIV-infected and control subjects. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(4):1088-96.
- Schulze MB, Hoffmann K, Boeing H, Linseisen J, Rohrmann S, Möhlig M, Pfeiffer AF, Spranger J, Thamer C, Häring HU, Fritsche A, Joost HG. An accurate risk score based on anthropometric, dietary, and lifestyle factors to predict the development of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2007; 30(3):510-5.
- Segal NA, Torner JC, Yang M, Curtis JR, Felson DT, Nevitt MC. Muscle mass is more strongly related to hip bone mineral density than is quadriceps strength or lower activity level in adults over age 50 year. J Clin Densitom 2008; 11(4):503-10.
- Sheperd K, Roberts D, Golding S, Thomas BJ, Sheperd RW. Body composition in myelomeningocele. *Am J Clin Nutr* 1991; 53(1):1-6.
- Shu XO, Jin F, Dai Q, Shi JR, Potter JD, Brinton LA et al. Association of body size and fat distribution with risk of breast cancer among Chinese women. *Int J Cancer* 2001; 94(3):449-55.
- Souren NY, Zeegers MP, Janssen RG, Steyls A, Gielen M, Loos RJ, Beunen G, Fagard R, Stassen AP, Aerssens J, Derom C, Vlietinck R, Paulussen AD. Anthropometry, carbohydrate and lipid metabolism in the East Flanders Prospective Twin Survey: Linkage of candidate genes using two sib-pair based variance components analyses. *Twin Res Hum Genet* 2008; 11(5):505-16.
- Sudo A, Miyamoto N, Horikawa K, Urawa M, Yamakawa T, Yamada T, Uchida A. Prevalence and risk factors for knee osteoarthritis in elderly Japanese men and women. *J Orthop Sci* 2008; 13(5):413-18.

- Swanson CA, Jones DY, Schatzkin A, Brinton LA, Ziegler RG. Breast cancer assessed by anthropometry in the NHANES I epidemiological follow-up study. *Cancer Res* 1988; 48(18):5363-7.
- Sze PC, Cheung WH, Qin L, Tam KF, Ng WK, Leung KS. Biomechanical study of an anthropometrically designed hip protector for older chinese women. *Geriatr Nurs* 2008; 29(1):64-69.
- Takigami I, Itokazu M, Itoh Y, Matsumoto K, Yamamoto T, Shimizu K. Limb-length measurement in total hip arthroplasty using a calipers dual pin retractor. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2008; 66(2):107-10.
- Teichtahl AJ, Wang Y, Wluka AE, Cicuttini FM. Obesity and knee osteoarthritis: new insights provided by body composition studies. *Obesity* 2008; 16(2):232-40.
- Teichtahl AJ, Wang Y, Wluka AE, Szramka M, English DR, Giles GG, O'Sullivan R, Cicuttini FM. The longitudinal relationship between body composition and patella cartilage in healthy adults. *Obesity* 2008; 16(2):421-27.
- Vertemati M, Goffredi M, Moscheni C, Callegari S, Vizzotto L. Human visceral fat in different anthropometric patterns and in diabetes: a morphometric study. *Anal Quant Cytol Histol* 2008; 30(1):39-46.
- Vikram NK, Misra A, Pandey RM, Dudeja V, Sinha S, Ramadevi J et al. Anthropometry and body composition in northern Asian Indian patients with type 2 diabetes: receiver operating characteristics (ROC) curve analysis of body mass index with percentage body fat as standard. *Diabetes Nutr Metab* 2003; 16(1):32-40.
- Wei M, Gaskill SP, Haffner SM, Stern MP. Waist circumference as the best predictor of noninsulin dependent diabetes mellitus (NIDDM) compared to body mass index, waist/hip ratio and other anthropometric measurements in Mexican Americans-a 7-year prospective study. *Obes Res* 1997; 5(1):16-23.
- Welborn TA, Knuiman MW, Vu HT. Body mass index and alternative indices of obesity in relation to height, triceps skinfold and subsequent mortality: the Busselton Health Study. Int J Obes Relat Metab Disord 2000; 24(1):108-15.
- Whitley E, Martin RM, Smith GD, Holly JM, Gunnell D. Childhood stature and adult cancer risk: the Boyd Orr cohort. *Cancer Causes Control* 2009; 20(2):243-51.
- Winthrop AL, Jones PJ, Scholler DA, Filler RM, Heim T. Changes in the body composition of the surgical infant in the early postoperative period. *J Pediatr Surg* 1987; 22(6):546-9.
- Yarnell JW, Patterson CC, Thomas HF, Sweetnam PM. Central obesity: predictive value of skinfold measurements for subsequent ischaemic heart disease at 14 years follow up in the Caerphilly Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25(10):1546-9.
- Zeller M, Steg PG, Ravisy J, Lorgis L, Laurent Y, Sicard P, Janin-Manificat L, Beer JC, Makki H, Lagrost AC, Rochette L, Cottin Y; RICO Survey Working Group. Relation between body mass index, waist circumference, and death after acute myocardial infarction. *Circulation* 2008; 118(5):482-90.
- Ziegler RG. Anthropometry and breast cancer. *J Nutr* 1997; 127(5):S924-8.
- Zillikens MC, Yazdanpanah M, Pardo LM, Rivadeneira F, Aulchenko YS, Oostra BA, Uitterlinden AG, Pols HA, van Duijn CM. Sex-specific genetic effects influence variation in body composition. *Diabetologia* 2008; 51(12):2233-41.
- Zipf WB, Kien CL, Horswill CA, McCoy KS, O´Dorisio T, Pinyerd BL. Effects of tolbutamide on growth and body composition of nondiabetic children with cystic fibrosis [abstract]. *Pediatr Res* 1991; 30(4):309-14.
- Zmuda JM, Cauley JA, Ljung BM, Bauer DC, Cummings SR, Kuller LH et al. Bone mass and breast cancer risk in older women: differences by stage at diagnosis. *J Natl Cancer Inst* 2001; 93(12):930-6.
- Zobel DP, Andreasen CH, Grarup N, Eiberg H, Sorensen TI, Sandbaek A, Lauritzen T, Borch-Johnsen K, Jorgensen T, Pedersen O, Hansen T. Variants near MC4R are associated with obesity and influence obesity-related quantitative traits in a population of middle-aged people: studies of 14,940 Danes. *Diabetes* 2009; 58(3):757-64.

McGill AT, Stewart JM, Lithander FE, Strik CM, Poppitt SD. Relationships of low serum vitamin D3 with anthropometry and markers of the metabolic syndrome and diabetes in overweight and obesity. *Nutr J* 2008; 7:4.

UNIDAD IV
Ámbitos de aplicación

Capítulo 13. LA CINEANTROPOMETRÍA Y SU INTRODUCCIÓN EN LA ERGONOMÍA Y EL DISEÑO INDUSTRIAL

13.1. n

La etiı
jo o a iv
una s cie
el términ
El co ej
diver s s
relevante
o Asocia
Socie ad

Esta s
gicos y p
saluc se
de ur os
lograr la
tanto n
finaln nl
mics Soc
deration
en 2C 3(

El cor
de er on
gida ra
acústico,
por infor
equív ca
cosoc l)
comprob
(diseño d
cualic de

El obj
calida d
grarlc ec
ajuste y a
psicosoci
la fati n r
reduc ór
sas(8).

La ıp
de rie go
de los pu
e imp nt
dismir im

13. La Cineantropometría y su Introducción en la Ergonomía y el Diseño Industrial

Ángel Herrero de Lucas
M. Dolores Cabañas Armesilla

13.1. Introducción y conceptos fundamentales

La etimología de la palabra ergonomía procede del griego y está compuesta por las raíces *ergos,* trabajo o actividad, y *nomos,* principios, leyes o normas. El concepto de ergonomía surge cuando Murrell crea una sociedad científica denominada *Ergonomics Research Society*, en el Reino Unido (1949), y propone el término *Ergonomics* para expresar los estudios relativos a la interacción hombre-ambiente de trabajo. El concepto de este término es muy reciente, si bien su fundamento teórico lo encontramos postulado de diversas maneras a lo largo de la historia. En este dilatado trayecto podemos destacar como hecho más relevante la fundación en los Estados Unidos, año 1961, de la *International Ergonomics Association* (IEA o Asociación Ergonómica Internacional), a partir de una institución anterior conocida con el nombre de Sociedad de Factores Humanos.

Esta sociedad definió Ergonomía como *El estudio de los factores humanos anatómicos, fisiológicos y psicológicos dentro del ambiente de trabajo. Su objetivo es la optimización de la eficacia, salud, seguridad y confort del ser humano en el trabajo, hogar y ocio. Esto requiere generalmente de un estudio de sistemas donde interaccionan humanos, máquinas y medio ambiente, con el fin de lograr la armonización entre el trabajo y el bienestar humano*[1]. Mientras, surgen varias sociedades tanto en Latinoamérica (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México) como en España y Europa, que finalmente se reúnen en dos grandes asociaciones, la ULAERGO (*Union of Latin-American Ergonomics Societies* o Unión de Sociedades Ergonómicas de Latinoamérica), en 2002[2], y la FEES[3] (*Federation of European Ergonomics Societies* ó Federación de Sociedades Ergonómicas Europeas), en 2003[4].

El concepto de ergonomía es en realidad un complejo sistema que engloba diferentes tipos de ergonomías: ergonomía biomecánica (dimensiones del cuerpo humano y la operatividad exigida para el desarrollo de las tareas); ergonomía ambiental (condiciones ambientales: discomfort acústico, fatiga visual e incomodidades térmicas); ergonomía cognitiva (carga mental producida por informaciones y requerimientos de actuación que demandan respuestas determinadas e inequívocas); ergonomía preventiva (prevención de los riesgos ergonómicos y de naturaleza psicosocial); ergonomía correctora (responsable de las medidas de prevención de riesgos, una vez comprobadas ciertas deficiencias de orden ergonómico), y finalmente ergonomía de la concepción (diseño de los puestos de trabajo y el análisis de las tareas para adecuarlos a las capacidades y cualidades del trabajador)[5].

El objetivo de la ergonomía es crear condiciones de trabajo tolerables, con el fin de mejorar la calidad de vida laboral, reduciendo el estrés y los niveles de insatisfacción en el trabajo. Para lograrlo requiere de la psicosociología aplicada, o conjunto de técnicas que tratan de la adecuación, ajuste y adaptación del trabajador a las presiones internas y externas originadas por los factores psicosociales, con el objeto de prevenir riesgos tan importantes como la fatiga física o corporal, la fatiga mental y el estrés. Los estudios macroeconómicos han demostrado sobradamente que la reducción de las condiciones de trabajo agresivas mejora la calidad y productividad de las empresas[8].

La importancia de la ergonomía radica actualmente en su aplicación en el campo de la prevención de riesgos laborales. Esta prevención debe realizarse tanto en las fases iniciales, diseño o proyecto de los puestos de trabajo, como en las fases finales, proyecto de instalaciones, diseño de equipos e implantación de los correspondientes métodos para un adecuado ejercicio profesional. Con ello disminuimos (y en la medida de lo posible intentamos evitar) los riesgos en su origen.

En España la legislación laboral obliga a los empresarios a asegurar la protección de los trabajadores de acuerdo con el artículo 15.1.d. de la Ley de Prevención y Riesgos Laborales (LPRL) en los siguientes términos: *Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo y de producción, con miras en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud* [9].

Algunas sociedades latinoamericanas intentan integrar la ergonomía a sus legislaciones correspondientes; en este sentido, mencionaremos como ejemplo, la SOCHERGO (Sociedad Chilena de Ergonomía), que ha logrado incorporar a su legislación nacional la ley conocida como "Ley del Saco", que regula el peso máximo de carga humana, arrastre y manipulación manual de objetos sin asistencia mecánica (hasta un límite de 50 kg), prohibiendo las operaciones de carga y descarga manual para mujeres embarazadas y regulando tanto para menores de edad como para las mujeres el peso de carga. Pretenden, asimismo, implantar un Sistema de Certificación de Ergonomistas Profesionales[10].

El binomio hombre-puesto de trabajo u hombre-máquina es estudiado desde una perspectiva dinámica por la ergonomía que, por una parte, contempla aspectos cineantropométricos o biomecánicos; y, por otra, el análisis de las tareas inherentes a su ocupación. El hombre, englobado en el medio ambiente en el que desarrolla su profesión, como pieza clave de la actividad productiva, debe ser objeto de un conocimiento exhaustivo. Así, es necesario acudir a la cineantropometría con la intención de medir las dimensiones geométricas del cuerpo humano, para obtener las correlaciones que sirvan de referencia en el diseño de los equipos, máquinas, herramientas, espacios y puestos de trabajo; de tal forma que se adecuen a las características, dimensiones y capacidades del trabajador[5,6,7]. Su importancia es tal que incluso se ha incorporado a la legislación española mediante las Normas ENV 26 385 ISO 6385: 1981, "Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo" y la UNE EN ISO 7250: 1998, "Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico". El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo se encarga de elaborar los datos Antropométricos Nacionales mediante el Centro Nacional de Medios de Protección[11].

La cineantropometría aplicada al diseño de puestos de trabajo sigue un procedimiento estándar, basado en la selección de la población, subdividiéndola según diversos factores: edad (niños, adolescentes, adultos y mayores), género (masculino, femenino), ocupación, nacionalidad, etnia, condiciones socioeconómicas y culturales, etc.[12,13]. Posteriormente se analizan las dimensiones corporales que serán necesarias para el diseño del correspondiente puesto de trabajo, consultando las referencias disponibles y, finalmente, seleccionando los criterios específicos de acuerdo a los factores mencionados, expresándolos como variables cineantropométricas previamente establecidas. El mundo ha sufrido en los últimos años cambios socioeconómicos y políticos muy profundos, lo que ha originado un aumento de la migración, que también hay que tener en cuenta para modificar el ambiente laboral, así por ejemplo, los habitantes de África subsahariana tienen unos miembros inferiores proporcionalmente más largos con respecto al tronco, al contrario de lo que ocurre en la población de origen asiático. En el diseño del ámbito profesional no hay otra alternativa que tener en cuenta las características del cuerpo humano, de ahí, la distinción entre medidas cineantropométricas estáticas, estructurales, y dinámicas, funcionales. Asimismo, debemos contemplar los criterios que se siguen para diseñar los puestos de trabajo conforme a la posición adoptada, que se basan en el supuesto de que la alternancia entre la bipedestación, posición de pie, y sedestación, posición de sentado, es la que proporciona el mayor confort postural; y si hubiera que elegir entre ambas, sería más recomendable la sedestación. Cuando las referencias disponibles no solucionen las necesidades del proyecto, se deben realizar encuestas o aplicar procesos estadísticos a las variables ya existentes, siempre en función de las posibilidades técnicas o económicas concurrentes. Estas fases hoy en día se han simplificado mucho gracias a la revolución informática, creándose programas de software apropiados a tal fin[5,14,15].

El entorno laboral variará si el contexto en el que se realiza el trabajo se modifica, lo que hay que tener en cuenta en los planes de desarrollo tecnológico y urbanístico de los diversos países. Las personas de edad avanzada sufren una disminución de la talla y la capacidad funcional; los hombres y mujeres difieren en algunas variables cineantropométricas; y los disminuidos físicos

requieren determinadas modificaciones muy particulares. La nutrición, patologías (fundamentalmente de índole infectocontagiosa), actividad física, etc., también producen variaciones en este sentido[5,15].

El espacio tridimensional donde se mueve el trabajador depende tanto de factores inherentes al puesto de trabajo como a la altura y superficie del plano laboral, incluyendo en esta faceta la configuración del asiento, o la base de sustentación correspondiente, cuando se trabaje sentado[16].

En sedestación, la extensión de la zona mencionada está subordinada a las características distintivas del sujeto (edad, sexo, incapacidad física, etc.) y depende, fundamentalmente, del radio de alcance de la extremidad superior, que circunscribe una superficie esférica; o bien del eje que determina el cuerpo cuando se inclina, actitud que debería evitarse porque supone un peligro potencial. En función de estas variables antropométricas, se establecen las distancias de seguridad, con el fin de alejar, en la medida de lo posible, a los trabajadores de los puntos de peligro. La posición de sentado, tanto más cómoda cuanto mayor sea la posibilidad de cambiar la postura corporal regularmente, es la más estable y, por tanto, la que se utiliza preferentemente en trabajos que requieran largas jornadas, escaso gasto energético, manipulación especializada, etc.; siendo la de elección en la actualidad, especialmente tras el incremento del sector terciario o servicios.

La bipedestación viene determinada por los mismos factores que la sedestación, sin embargo, al proporcionar una mayor capacidad de desplazamiento permite al trabajador alcanzar cualquier punto de la circunferencia sin necesidad de alargar o inclinar ningún segmento corporal en exceso. Esta posición sería la indicada para trabajos que demandan grandes esfuerzos, puesto que los músculos ejercen mayor fuerza (suponiendo una estabilidad proporcionada por apoyos adecuados), al tiempo que se reduce el gasto energético. La posición de pie, no obstante, presenta ciertos inconvenientes, porque con el tiempo favorece la adquisición de malas posturas laborales, que se traducen en pérdidas de movilidad, incremento de las cargas articulares o pseudoparesias (definidas como el estado emocional que simula paresias, parálisis ligeras o incompletas), sobre todo cuando se realizan largas jornadas laborales.

En ambas posiciones es muy importante la altura del plano de trabajo, al actuar como un factor limitante del grado de extensión mencionado previamente, y que se utilizaría para determinar unos límites de máximos y mínimos que incluyeran a la mayoría de la población laboral[17,18]. Las alturas recomendadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, teniendo en cuenta que en tareas minuciosas esta superficie se eleva al menos 10 cm y en trabajos de esfuerzo se deben rebajar otros 10 cm adicionales, son las siguientes[11,15,19,20]:

Tipo de tarea	Hombres (cm)	Mujeres (cm)
TRABAJOS DE PRECISIÓN, CODOS APOYADOS	109-119	103-113
TRABAJOS DE MONTAJE LIGERO	99-109	87-98
TRABAJO PESADO	85-101	78-94

Figura 13.1. Relación de la altura con los tipos de tareas recomendables

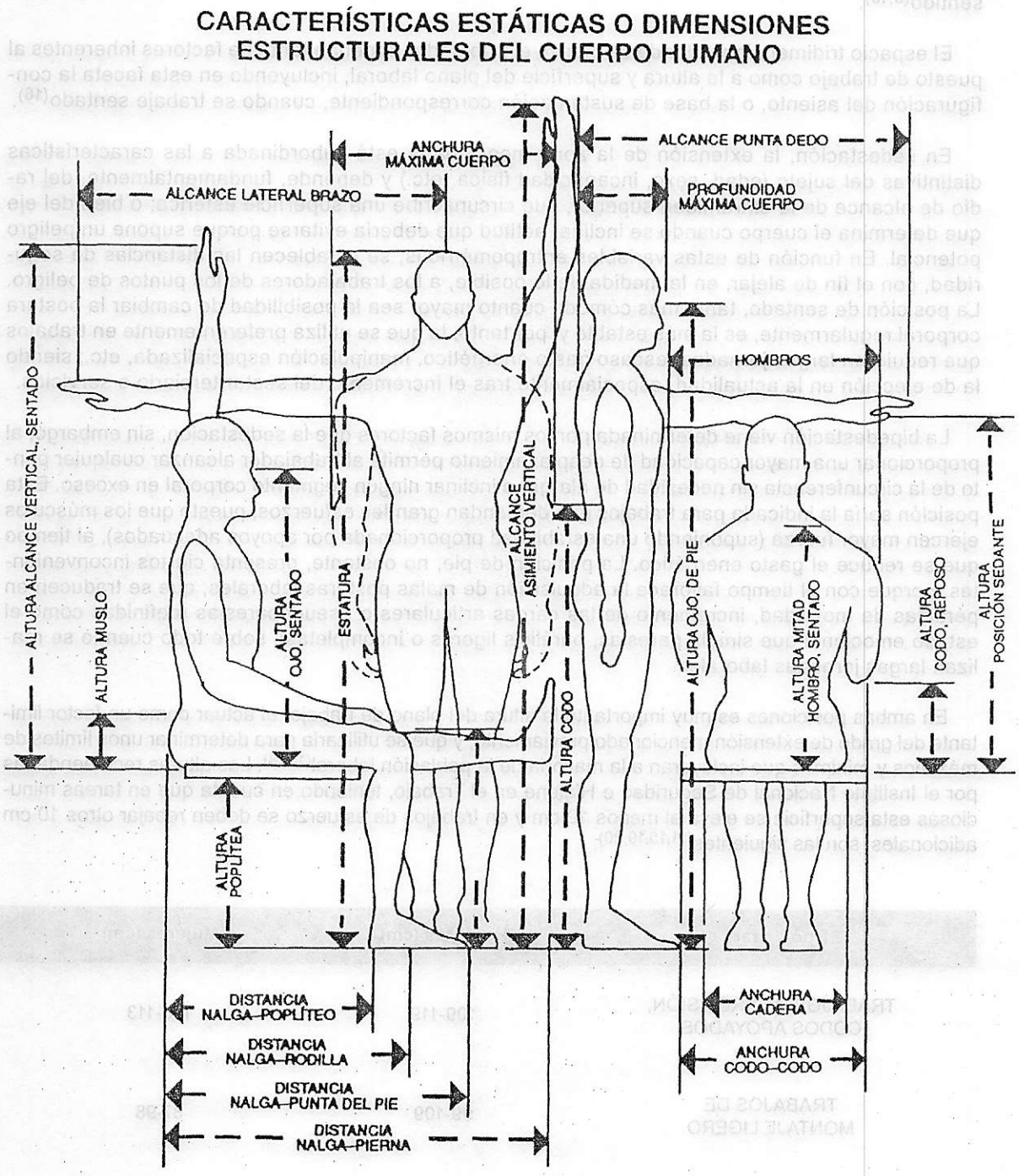


Figura 13.2. Medidas antropométricas estáticas: dimensiones estructurales del cuerpo humano (Bestraten y cols, 1994)

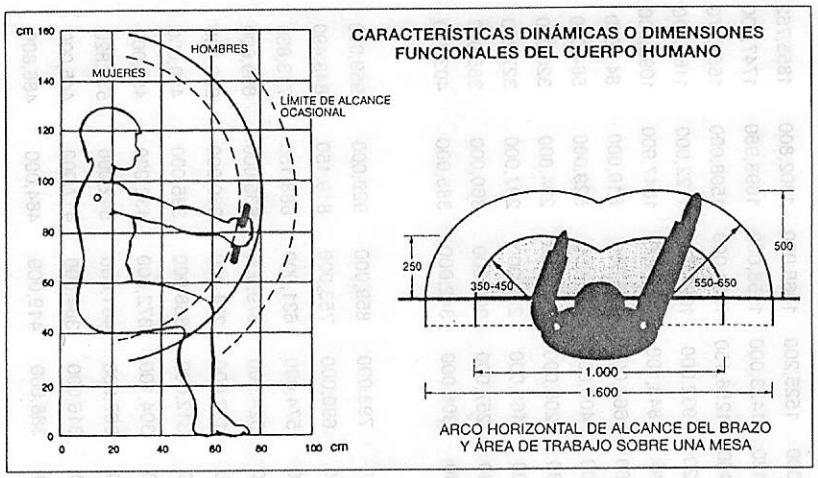


Figura 13.3. Características dinámicas o dimensiones funcionales del cuerpo humano

La ergonomía debe buscar el confort y bienestar del trabajador, basándose en los principios de importancia (los artículos más importantes se localizarán en las posiciones más accesibles o propicias), frecuencia (los más frecuentemente utilizados se localizarán en las posiciones más accesibles o propicias), funcionalidad (los elementos de trabajo que se relacionan entre sí deben situarse agrupados) y secuencia (los que se utilicen secuencialmente se agruparán juntos y en una posición que favorezca el orden lógico de dicha secuencia).

Últimamente todos estos principios que se aplican al campo de la prevención de riesgos laborales se han trasladado al ámbito de la formación académica, especialmente en el periodo de la infancia y la adolescencia, aplicándose al desarrollo de una adecuada equipación para evitar futuras patologías en la población escolar y universitaria (esta última en menor medida)[21,22,23,24,25,26].

Tratamiento estadístico

El sistema para acotar los valores que fijan las dimensiones de los sujetos trabajadores de los distintos países se basa en la selección de una población laboral de referencia, a ser posible nacional, de la que se extraerá una muestra significativa. Los datos obtenidos se representan según una distribución en forma de campana de Gauss. En función de la misma, establecemos el concepto de hombre-medio, si bien este principio tiene una utilidad limitada, ya que prescinde de las patologías propias de los riesgos de carácter ergonómico, por lo que nos obliga a recurrir con una frecuencia cada vez mayor a los percentiles para solucionar este problema, y entre ellos, los más utilizados en el diseño ergonómico son los conocidos como P5 y P95, aunque si los riesgos que pudieran originarse fueran graves o muy graves, cabría elegir rangos más extremos en dichos percentiles, llegando hasta el P1 y P99, o incluso del 100% cuando de lo que se trata es de evitar accidentes laborales[5,11].

Las variables antropométricas que nos definen las dimensiones de los individuos que conforman la población laboral seleccionada requieren un tratamiento estadístico cuando lo que pretendemos es diseñar cada uno de los diferentes tipos de puestos de trabajo. El análisis de estos parámetros viene facilitado porque la mayoría de ellos se distribuyen normalmente, por ende recurrimos fundamentalmente a medias y desviaciones típicas, no aconsejando utilizar valores medios. La versatilidad de las medidas de los segmentos corporales es tan dispar que deben expresarse como correlaciones intercorporales y coeficientes de variación.

Los límites que se van a establecer para diseñar las máquinas, equipos, utensilios y elementos de trabajo deberían basarse en rangos de distribución más que en medidas puntuales, aunque este tipo de diseños elásticos si bien son más caros desde el punto de vista pecuniario, ofrecen a los trabajadores mayor satisfacción laboral[5].

Nº ref. ISO 7250	DESIGNACIÓN	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	ERROR TÍPICO	PERCENTILES				
						P_1	P_5	P_{50}	P_{95}	P_{99}
	1. Medidas tomadas con el sujeto de pie (mm)									
1 (4.1.1)	Masa Corporal (peso de la persona, Kg.)	1711	70,455	12,700	0,307	46,912	51,0000	70,000	92,680	102,752
2 (4.1.2)	Estatura (altura del cuerpo)	1723	1663,226	83,894	2,021	1479,000	1525,200	1665,000	1802,800	1855,752
3 (4.1.3)	Altura de los ojos	1722	1557,955	82,314	1,985	1382,420	1423,000	1558,000	1698,950	1747,000
4 (4.1.4)	Altura de los hombros	1722	1332,119	76,283	1,838	1217,460	1256,150	1384,000	1508,000	1557,770
5 (4.1.5)	Altura del codo	1721	107,240	58,034	1,399	900,220	932,000	1027,000	1122,000	1165,000
6 (4.1.6)	Altura de la espina ilíaca	1721	941,995	60,976	1,470	80,220	843,100	940,000	1047,900	1092,000
7 (no incluido)	Altura del tercer metacarpiano	1715	735,522	44,430	1,073	635,160	664,000	735,000	810,000	841,600
8 (4.1.8)	Altura de la tibia	1719	460,252	40,448	0,976	378,400	400,000	457,000	529,000	564,000
9 (4.1.9)	Espesor del pecho, de pie	1722	249,157	26,909	0,648	192,230	208,000	248,000	294,000	320,000
10 (4.1.10)	Espesor abdominal, de pie	1719	460,252	39,813	0,960	154,000	168,000	229,000	297,000	327,200
11 (4.1.11)	Anchura del pecho	1722	249,157	32,800	0,790	237,230	257,000	309,000	360,000	385,000
12 (4.1.12)	Anchura de caderas, de pie	1723	230,045	24,314	0,586	288,240	306,000	342,000	385,000	403,760
	2. Medidas tomadas con el sujeto sentado (mm)									
13 (4.2.1)	Altura sentado	1716	859,690	41,593	1,004	764,170	793,000	859,000	929,000	959,000
14 (4.2.2)	Altura de los ojos, sentado	1716	753,036	39,783	0,960	661,170	690,000	753,000	819,150	848,490
15 (4.2.3)	Altura del punto cervical, sentado	1716	631,256	35,226	0,850	552,000	574,000	631,000	688,150	713,830
16 (4.2.4)	Altura de los hombros, sentado	1719	578,657	33,704	0,813	500,000	524,000	579,000	635,000	659,600
17 (4.2.5)	Altura del codo, sentado	1711	224,978	26,440	0,639	169,120	182,000	224,000	269,000	293,880
18 (4.2.6)	Longitud hombro-codo	1721	354,750	25,483	0,614	291,000	312,000	356,000	395,000	410,000
19 (4.2.8)	Anchura de hombros (biacromial)	1721	369,577	39,462	0,915	281,000	304,100	372,000	432,000	453,000
20 (4.2.10)	Anchura entre codos	1717	457,852	53,332	1,287	335,000	367,000	461,000	542,000	573,820
21 (4.2.11)	Anchura de caderas, sentado	1718	365,143	30,440	0,734	294,380	316,000	364,000	417,000	445,000
22 (4.2.12)	Longitud de la pierna (altura del poplíteo)	1721	418,174	29,170	0,703	350,000	368,000	419,000	464,000	486,800
23 (4.2.13)	Espesor del muslo, sentado	1710	144,782	18,893	0,457	100,110	112,000	145,000	174,000	187,890
24 (no incluido)	Altura del muslo, sentado	1712	558,214	35,143	0,849	473,130	498,000	558,000	615,000	632,000
25 (4.2.15)	Espesor abdominal, sentado	1719	240,123	44,113	1,064	156,000	173,000	238,000	314,000	349,000

Tabla 13.1 Datos antropométricos de la población laboral española (1)

Tabla 13.1 Datos antropométricos de la población laboral española (1)

Nº ref. ISO 7250	DESIGNACIÓN	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	ERROR TÍPICO	PERCENTILES				
						P_1	P_5	P_{50}	P_{95}	P_{99}
	3. Medidas de segmentos específicos del cuerpo (mm)									
26 (4.3.1)	Longitud de la mano	1719	182,935	11,881	0,287	155,200	163,000	183,000	202,000	209,000
27 (4.3.3)	Anchura de la palma de la mano (en los metacarpianos)	1719	85,287	7,859	0,190	68,000	72,000	86,000	97,000	102,000
28 (4.3.4)	Longitud del dedo índice	1722	74,415	7,576	0,183	61,000	64,000	73,000	88,000	99,000
29 (4.3.5)	Anchura proximal del dedo índice	1722	19,877	1,986	0,048	16,000	17,000	20,000	23,000	24,000
30 (4.3.6)	Anchura distal del dedo índice	1723	17,291	2,026	0,049	13,000	14,000	17,000	20,000	22,000
31 (4.3.7)	Longitud del pie	1721	251,547	17,799	0,429	210,000	221,000	253,000	279,000	298,780
32 (4.3.8)	Anchura del pie	1715	97,098	8,610	0,208	71,160	83,800	98,000	110,000	115,000
33 (4.3.9)	Longitud de la cabeza					sin datos				
34 (4.3.10)	Anchura de la cabeza	1719	144,738	7,679	0,185	126,000	132,000	145,000	157,000	162,000
35 (4.3.11)	Longitud de la cara (nasión-mentón)	1719	129,87	21,826	0,526	104,200	110,000	125,000	196,000	216,000
36 (4.3.12)	Perímetro de la cabeza	1698	565,632	20,052	0,487	520,000	533,000	565,000	598,050	611,010
37 (4.3.13)	Arco sagital de la cabeza	1715	354,297	25,474	0,615	299,000	315,000	352,000	400,000	418,840
38 (4.3.14)	Arco bitragial	1718	359,51	19,8	0,478	312,000	325,950	360,000	391,000	402,000
39 (no incluido)	Distancia interpupilar	1717	62,758	4,394	0,106	52,000	56,000	63,000	70,000	73,000
	4. Medidas funcionales (mm)									
40 (4.4.2)	Alcance máximo horizontal (puño cerrado)	1719	698,83	54,246	1,308	570,200	606,000	700,000	785,000	818,000
41 (4.4.3)	Longitud codo-puño	1715	335,929	25,576	0,618	275,160	292,000	337,000	376,000	393,000
42 (4.4.5)	Longitud codo-punta de los dedos	1717	447,324	30,233	0,730	381,000	396,000	448,000	495,000	513,820
43 (4.4.6)	Profundidad del asiento	1721	493,518	28,052	0,676	426,220	450,100	492,000	539,900	567,560
44 (4.4.7)	Longitud rodilla-trasero	1719	590,75	31,524	0,760	523,200	541,000	590,000	644,000	667,000
45 (4.4.8)	Perímetro de cuello	1718	368,308	37,213	0,898	292,190	308,000	373,000	425,000	448,000
46 (4.4.9)	Perímetro torácico, de pie	1707	968,862	91,009	2,203	788,160	826,000	970,000	1116,600	1209,920
47 (4.4.10)	Perímetro de cintura, de pie	1721	871,722	118,928	2,867	642,440	680,000	872,000	1056,000	1147,360
48 (4.4.11)	Perímetro de la muñeca	1712	166,104	13,731	0,332	137,000	143,000	167,500	187,000	195,870

Tabla 13.2. Datos antropométricos de la población laboral española (2)

Bibliografía

1. *International Ergonomics Association* [Homepage]. IEA. Disponible en: http://www.iea.cc.
2. *Unión Latinoamericana de Ergonomía* [Homepage]. ULAERGO. Disponible en: http://ulaergo.ergonomia.cl.
3. *The Federation of European Ergonomists* [Homepage]. FEES. Disponible en: http://www.fees-network.or
4. Parsons KC, Shackel B, Metz B. *Ergonomics and international standards: history, organizational structure and method of development.* Appl Ergon. 1995; 26(4):249-58.
5. Cortés JM. *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales.* 7ª ed. Madrid. Tebar; 2004.
6. Mauch M, Mickle KJ, Munro BJ, Dowling AM, Grau S, Steele JR. Do the feet of German and Australian children differ in structure? Implications for children's shoe design. *Ergonomics* 2008; 51(4): 527-39.
7. Xiong S, Goonetilleke RS, Witana CP, Lee Au EY. Modelling foot height and foot shape-related dimensions. *Ergonomics* 2008; 51(8): 1272-89.
8. Strokina A. Anthropological research in reference to ergonomics *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2005; 24(4):517-19.
9. *Prevención de riesgos laborales.* Ley 31/1995 de 8 de noviembre. Boletín Oficial del Estado, nº 269, (10-11-1995).
10. *Sociedad Chilena de Ergonomía.* SOCHERGO. Disponible en: http://sochergo.ergonomia.cl.
11. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.* INSHT. Disponible en: http://www.mtas.es/insht.
12. Pan H, Jiang Y, Jing X, Fu S, Lin Z, Sheng Z, Cole, TJ. Child body mass index in four cities of East China compared to Western references. *Ann Hum Biol* 2009; 36(1): 98-109.
13. Williams N, Forde M. Ergonomics and obesity. *Appl Ergon* 2009; 40(1):148-49.
14. Norton K, Olds T, editores. *Anthropometrica.* Sydney UNSW (University of New South Wales) Press; 2000.
15. Das B, Sengupta AK. Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach. *Appl Ergon* 1996; 27(3):157-63.
16. Zhang B, Molenbroek JF. Representation of a human head with bi-cubic B-splines technique based on the laser scanning technique in 3D surface anthropometry. *Appl Ergon* 2004; 35(5):459-65.
17. Rogers MS, Barr AB, Kasemsontitum B, Rempel DM. A three-dimensional anthropometric solid model of the hand based on landmark measurements. *Ergonomics* 2008; 51(4):511-26.
18. Chany AM, Marras WS, Burr DL. The effect of phone design on upper extremity discomfort and muscle fatigue. *Hum Factors* 2007; 49(4):602-18.
19. Hsiao H, Long D, Snyder K. Anthropometric differences among occupational groups. *Ergonomics* 2002; 45(2):136-52.
20. Rojas-González L, Chacín-Almarza B, Corzo-Álvarez G, Sanabria-Vera C. Anthropometry in workers and ergonomic aspects of work stations in the printing plant of the goverment of the state of Zulia, Venezuela. *Invest Clin* 2000; 41(4):251-69.
21. Gouvali MK, Boudolos K. Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Appl Ergon* 2006; 37(6):765-73.
22. García-Acosta G, Lange-Morales K. Definition of sizes for the design of school furniture for Bogota schools based on anthropometric criteria. *Ergonomics* 2007; 50(10): 1626-42.
23. Chung JW, Wong TK. Anthropometric evaluation for primary school furniture design. *Ergonomics* 2007; 50(3): 323-34.
24. Saarni L, Nygard CH, Rimpela A, Nummi T, Kaukiainen A. The working postures among schoolchildren-A controlled intervention study on the effects of newly designed workstations. *J Sch Health* 2007; 77(5): 240-47.
25. Shin D, Kim JY, Hallbeck MS, Haight JM, Jung MC. Ergonomic hand tool and desk and chair development process. *Int J Occup Saf Ergon* 2008; 14(2): 247-52.
26. *Asociación Española de Ergonomía.* AEE. Disponible en: http://www.prevencionintegral.com/Default.asp?http://www.prevencionintegral.com/aee.
27. *Associação Brasileira de Ergonomia.* ABERGO. Disponible en: http://www.abergo.org.br.
28. *Sociedad de Ergonomistas de México* A.C. SEMAC. Disponible en: http://www.semac.org.mx.
29. *Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. Real Decreto 487/1997 de 14 de abril.* Boletín Oficial del Estado, nº 97, (23-04-1997).
30. *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Real Decreto 486/1997 de 14 de abril.* Boletín Oficial del Estado, nº 97, (23-04-1997).
31. *Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Real Decreto 485/1997 de 14 de abril.* Boletín Oficial del Estado, nº 97, (23-04-1997).

32. *Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio.* Boletín Oficial del Estado nº 188, (7-8-1997).
33. *Disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas. Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre.* Boletín Oficial del Estado, nº. 297, (11-12-1992). Modificado por Real Decreto 56/1995 de 20 de enero.
34. Al-Haboubi MH. The female/male ratio of anthropometric dimensions [abstract]. *J Hum Ergo*l (Tokyo). 1998; 27(1-2):9-16.
35. Bex FHA. Desk heights. *Appl Ergon* 1971; 2(3):138-40.
36. Greil H. Ontogenetic aspects of dimensions and proportions in sitting posture [abstract]. *Coll Antropol* 1997; 21(2):367-86.
37. Kothiyal K, Tettey S. Anthropometry for design for the elderly [abstract]. *Int J Occup Saf Ergon* 2001; 7(1):15-34.
38. Martin C, Andrew-Tuthill DM. Office ergonomics. Measurements for success [abstract]. *AAOHN J* 1999; 47(10):479-91.
39. Althoff I, Brinckmann P, Frobin W, Sandover J, Burton K. An improved method of stature measurements for quantitative determination of spinal loading. Application to sitting posture and whole body vibration [abstract]. *Spine* 1992; 17(6):682-93.
40. Barli O, Elmali D, Midilli R, Aydintan E, Ustun S, Sagsoz *et al.* Anthropometry of male and female children in Creches in Turkey [abstract]. *Coll Antropol* 2005; 29(1):45-51.
41. Brienza DM, Íñigo RM, Cheng KC, Brubaker CE. Seat support surface optimization using force feedback [abstract]. *IEEE Trans Biomed Eng* 1993; 40(1):95-104.
42. Cai D, You M. An ergonomic approach to public squatting-type toilet design. *Appl Ergon* 1998; 29(2):147-53.
43. Cotton LM, O´Connell DG, Palmer PP, Rutland MD. *Mismatch of school desks and chairs by ethnicity and grade level in middle school* [abstract]. *Work.* 1998; 29(2):147-53.
44. Didomenico A, Nussbaum M. Measurements and prediction of single and multi-digit finger strength. *Ergonomics* 2003; 46(15):1531-48.
45. Falkenburg SA, Schultz DJ. Ergonomics for the upper extremity [abstract]. *Hand Clin* 1993; 9(2):263-71.
46. Garonzik R. Hand dominance and implications for left-handed operation of controls. *Ergonomics* 1989; 32(10):1185-92.
47. Hoozemans MJ, Kuijer PP, Kingma I, Van Dieen JH, De Vries WH, Van der Woude LH et al. Mechanical loading of the low back and shoulders during pushing and pulling activities. *Ergonomics* 2004; 47(1):1-18.
48. Hsiao H, Whitestone J, Bradtmiller B, Whisler R, Zwiener J, Lafferty C *et al.* Anthropometric criteria for the design of tractor cabs and protection frames. *Ergonomics* 2005; 48(4):323-53.
49. Jeong BY, Park KS. Sex differences in anthropometry for school furniture design. *Ergonomics* 1990; 33(12):1511-21.
50. Kietrys DM, McClure PW, Fitzgerald GK. The relationship between head and neck posture and VDT screen height in keyboard operators [abstract]. *Phys Ther* 1998; 78(4):395-403.
51. Kinoshita H, Murase T, Bandou T. Grip posture and forces during holding cylindrical objects with circular grips. *Ergonomics* 1996; 39(9): 1163-76.
52. Kolich M. Automobile seat comfort occupant preferences vs anthropometric accommodation. *Appl Ergon* 2003; 34(2):177-84.
53. Lavender SA, Marras WS, Sabol RJ. *A study of female Mexican anthropometric measures useful for workstation design in light manufacturing facilities* [abstract]. *AIHA J* (Fairfax, Va). 2002; 63(3):300-4.
54. Milanese S, Grimmer K. School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *Ergonomics* 2004; 47(4):416-26.
55. Mijovic B, Ujevic D, Skoko M, Baksa S. 3D computer modeling of sitting working place [abstract]. *Coll Antropol* 2002; 26(Suppl):S189-203.
56. Sporrong H, Sandsjo L, Kadefors R, Herberts P. Assessment of workload and arm position during different work sequence: a study with portable devices on construction workers. *Appl Ergon* 1999; 30(6):495-503.
57. Stinson MD, Porter-Armstrong A, Eakin P. Seat-interface pressure: a pilot study of the relationship to gender, body mass index, and seating position [abstract]. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84(3):405-9.
58. Victor VM, Nath S, Verma A. Anthropometric survey of Indian faro workers to approach ergonomics in agricultural machinery design. *Appl Ergon* 2002; 33(6):579-81.
59. Ziefle M. Sitting posture, postural discomfort, and visual performance: a critical view on the interdependence of cognitive and anthropometric factors in the VDU workplace [abstract]. *Int J Occup Saf Ergon* 2003; 9(4):503-14.

UNIDAD IV
Ámbitos de aplicación

Capítulo 14. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS GENERALES. VALORACIÓN DEL TAMAÑO CORPORAL

1 .1

La
en la
tr lic
de er
cado
v p
s d
en lo
como

El
to que
m a
té ic
• De
m
u
e
so
du
er
é
• La
• a
o
• La

e
tu le
la del
Monte
alt a
ne es
se ens
y e ic
la d
lar so
que de

u
les **las**
somat
zoi al,
mesor
como
tan a
má al

14. Características antropométricas generales. Valoración del tamaño corporal

M. Dolores Cabañas Armesilla

14.1. Introducción de la técnica antropométrica

La metodología cineantropométrica adquiere gran importancia en la actualidad por su probada utilidad en la prevención de diversas patologías. Su novedosa aplicación en el campo de la medicina asistencial tradicional se centraría en la prevención de enfermedades; siendo también muy útil en la identificación de determinados grupos de riesgo, en la valoración de pacientes, considerados en conjunto como unos indicadores para la ejecución, evaluación y seguimiento de diversos actos médicos; así como facilitar las claves para la investigación y diagnóstico de varias afecciones. Considerando la dificultad de los sistemas de salud para dar cobertura tecnológica a una población creciente, por el esfuerzo económico que representa en los presupuestos sanitarios de los Estados, la cineantropometría se impone cada vez con mayor fuerza como un indicador de salud, especialmente en el mundo occidental y en los países más desarrollados.

El trabajo de investigación científica requiere una sistemática de actuación bien definida adecuada al proyecto que se vaya a realizar, tras consulta con detalle de la bibliografía disponible, con el fin de determinar la técnica más adecuada para lograr los objetivos en su planteamiento exigiendo un máximo rigor. Antes de utilizar una técnica para llevarlo a cabo, es necesario que esta reúna una serie de criterios (Moreno Aznar y cols., 1999).

- Debe evaluarse cuidadosamente la respetabilidad y validez de cualquier técnica potencial, especialmente cuando se trata de analizar individuos en edades infanto-juveniles, así como en la adolescencia, juventud. Las modificaciones antropométricas que se producen son fundamentales. El crecimiento no se manifiesta solo en el aspecto externo, sino que se ve acompañado de cambios de orden psíquico y social que van conformando la personalidad del individuo. *En la mayor parte de las ocasiones la maduración biológica va por delante de la mental o emocional,* circunstancia que debe ser comprendida y tenida en cuenta por padres, educadores y juristas así como el antropometrista en la realización de la técnica antropométrica para que sea ética y correcta.
- Las exploraciones previstas tienen que ser aplicables tanto a población sana como enferma.
- Las alteraciones en la distribución de algunas variables pueden afectar a la utilidad de las mediciones por medio de algunas técnicas.
- Las técnicas empleadas deben ser no invasivas, rápidas, baratas y aplicables a los estudios de campo.

Destacamos que durante la ***adolescencia tardía*** (17a 20 años), la mayor parte del incremento de la longitud del cuerpo se debe a **la aceleración del crecimiento de las piernas que es de mayor intensidad que la del tronco** sobre todo en lo que se refiere al tobillo y en las manos en referencia a la muñeca (González-Montero de Espinosa y Marrodán, 2003), más llamativo en el sexo masculino y, por ello, con respecto a su altura total, un tronco relativamente más largo en las mujeres que en los varones. **Casi todas las dimensiones esqueléticas y musculares se ven afectadas en distinta medida.** Los hombros y las caderas también se ensanchan en ambos sexos aunque, cuantitativamente, *el aumento biacromial es superior en los varones y el bicrestal en las mujeres.* El motivo que subyace es que ***las células cartilaginosas de la articulación de la cadera están especializadas en responder a los estrógenos, mientras que las de la cintura escapular son particularmente sensibles a los andrógenos*** y, en particular, a la testosterona. Puntualizaciones que debemos tener en cuanta respecto a las interpretaciones posteriores de los datos obtenidos.

Durante la etapa post-adolescente o juvenil (18 y 25 años) donde se reafirman las diferencias sexuales **las mujeres presentan** tronco rectangular, pelvis relativamente ancha con relación a los hombros y **somatotipo de tendencia endomórfica,** sin embargo, **los varones** se caracterizan por un tronco trapezoidal, anchura biacromial relativamente grande con respecto a la bicrestal y **somatotipo de tendencia mesomórfica** en la población general. El sexo masculino es, en promedio, entre 10 y 12 cm más alto, así como 10 y 12 kg superior al de ellas. Asimismo, **la composición** es otra de las características que presentan mayor dimorfismo sexual; así, **los chicos presentan un peso óseo y muscular significativamente más alto que las chicas y estas tienen un porcentaje de grasa notablemente superior.**

Elegida la técnica, es necesario establecer un método de trabajo previo, mediante la **confección de un protocolo** en el que queden perfectamente reflejados los criterios de inclusión y exclusión de los individuos, **las variables apropiadas al estudio** que se va a realizar, y el **análisis estadístico ajustado a las mismas con el procesado de datos posterior que nos mostrará las claves o líneas a resaltar en los resultados finales.**

El método antropométrico es engañosamente sencillo. Uno de los fundamentos básicos de la antropometría es la **calidad de la medida antropométrica,** para lo cual hay que **minimizar el error de la medida** ***Error Técnico de Medida*** **(ETM).** Esto exige dos facetas importantes: el uso de material preciso y homologado que sea calibrado de forma periódica y sistemática; y la ejecución de una técnica impecable de medida, tema que ha sido tratado ampliamente en losl capítulos 3 y 4.

Las cuatro características que deben definir la calidad de la medida son:

- Precisión.
- Confiabilidad.
- Exactitud.
- Validez.

La antropometría, como cualquier otra rama de la ciencia, precisa de unas reglas particulares básicas de medida que conformen un método de trabajo estándar. Estos parámetros serán los establecidos por cuerpos normativos o sociedades nacionales e internacionales específicas en esta área de la ciencia como son los establecidos por:

- La metodología del **Programa Internacional de Biología (IBP).** Dicho programa, fue elaborado por el ***Internacional Council of Scientific Unions (ICSU)*** y recoge los procedimientos esenciales para el estudio biológico de las poblaciones humanas en el texto *Practical Human Biology* que, entre otras diferencias, realiza las mediciones antropométricas en el lado izquierdo del sujeto a evaluar, por considerar que es el más representativo del cuerpo humano, al ser el menos desarrollado por la población general que en su gran mayoría es diestra. Es secundada por grandes profesionales que trabajan en este ámbito y recogen su investigaciones en publicaciones de alto nivel cientifico y gran impacto.

- La **Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría,** *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* **(ISAK),** basada en las localizaciones antropométricas y descripciones establecidas por Ross y Marfell-Jones (1991) desarrolla unos protocolos a partir de su precursor, el **Grupo de Trabajo Internacional sobre Cineantropometría (IWGK),** que son aceptadas por el **Grupo Español de Cineantropometría (GREC)** perteneciente a la Federación de Medicina del Deporte (FEMEDE). La razón en la que nos basamos para utilizar las directrices de la ISAK se debe al trabajo desarrollado por esta sociedad internacional a lo largo de varios años, específicamente en el desarrollo y mejora de las técnicas de medida antropométricas no solo en deportistas, sino en aplicaciones más amplias sobre la población general tanto sana como enferma, con el fin de mejorar su estado de salud, aumentar la calidad de vida, disminuir las posibilidades de lesiones y mejorar su rendimiento físico e intelectual.

La exposición de la ciencia cineantropométrica plantea aspectos metodológicos generales que se clarifican en la Unidad II, capítulo 3. **Técnica antropométrica,** de este Compendio de cineantropometría:

1. Técnicas de medición (Véase capítulo 3):
   - Descripción de la técnica antropométrica.
   - Material antropométrico utilizado.
   - Puntos anatómicos y somatométricos de referencia.
   - Medidas antropométricas analizadas.
   - Fichas de trabajo recogidas.
2. Muestra poblacional (Véase capítulo 5):
   - Definición de los sujetos estudiados.
   - Especificación de las técnicas de muestreo para los individuos investigados.
3. Metodología estadística (Véase capítulo 6):
   - Métodos estadísticos descriptivos e inferenciales de aplicación general.
   - Certificación de las variables estudiadas y válidas para el sistema estadístico utilizado. (Véase Figura 6.1).

14.1.1. Elección de protocolos de medida. Aprendizaje de la técnica de medida

Tras una amplia búsqueda bibliográfica reseñada anteriormente, procedimos al estudio de los criterios de medida a desarrollar, basándonos fundamentalmente en las recomendaciones de la ISAK, en el *Manual de la ISAK* 2001, *Antropométrica de Norton y Olds* (1996-2000) y del GREC, reflejándolo en su *Manual de Cineantropometría,* editado en 1993 y reeditado en 1999 y 2007. Una vez definidos los criterios de medida, sus técnicas y el instrumental a emplear (véase capítulo 3); se procede al aprendizaje de la técnica basándose en los siguientes aspectos:

- **El sujeto de estudio.** Todo sujeto de estudio sometido a un protocolo de medidas antropométricas debe previamente ser informado de la naturaleza y propósito del estudio, así como de las medidas y la metodología utilizada para ello, de una forma sencilla y clara, con el fin de poder ser entendido correctamente por la persona a evaluar y por sus padres o, en su lugar, por su tutor o representante legal en caso de un menor o incapacitado. Ambos podrán preguntar todas las dudas relacionadas con el mismo debiendo ser satisfactoriamente resueltas por el investigador responsable. Una vez recibida la información (oral y escrita) y comprendida, el individuo debe firmar un impreso doble de consentimiento informado (CI) (véase el Anexo II) ajustado a la normativa legal vigente en el país donde se practique la investigación. Se debe quedar un impreso el investigador y una copia el sujeto de estudio, siempre previo a cualquier obtención de medidas (véase capítulo 2).
  Se debe recordar que el evaluador y el ayudante (o en su defecto, anotador) trabajan en equipo ***troika,*** y es responsabilidad del anotador ayudar al evaluador cuando sea necesario. El anotador repite el valor que está registrando en la hoja de recogida de datos diseñada para tal fin, permitiendo entonces al evaluador realizar un control inmediato de la medición efectuada. En algunos casos las mediciones pueden repetirse, y hasta tomarse por tercera o cuarta vez. En el primer caso se utiliza el valor promedio; en el segundo se utiliza la mediana para el análisis de datos. De cualquier forma es el antropometrista evaluador el responsable de toda la medición realizada por un ***troika.***
- **Material antropométrico.** Una de las razones del desarrollo y rápida difusión de la cineantropometría como método de investigación se debe al bajo coste de los instrumentos necesarios para elaborar un protocolo y análisis estadístico posterior, con respecto a otras tecnologías, no debiéndose confundir este hecho con la impresión de que es válido cualquier tipo de material para obtener medidas fiables. El material antropométrico debe ser homologado, sencillo en el manejo y preciso en las determinaciones métricas **calibrándose siempre antes de cualquier estudio general y previo a la valoración del sujeto en cuestión** (véase capítulo 3).
- **Material auxiliar.** Es necesario para la realización de medidas calidad técnica que nos minimice el error técnico de la medida:
  - ***Lápiz dermográfico:*** señala los puntos anatómicos o somatométricos y las marcas de referencia.
  - ***Peso o balanza:*** calibración del aparataje previo con una precisión de 100 g..
  - ***Cinta métrica en pared mas escuadra*** si no se posee tallímetro.
  - ***Calefactor portátil o aparato de aire acondicionado:*** destinado a regular la temperatura de la sala antropométrica, que debe ser entre 22 a 24 °C.
  - ***Termómetro portátil:*** permitiendo un control y mantenimiento de la temperatura correcta de la sala donde se realiza el estudio.
  - ***Plataforma:*** base de sustentación para colocar el antropómetro y el sujeto a evaluar, puede ser útil en la medición de las alturas cuando el suelo no está bien nivelado, a poder ser de madera para hacer mas cálida la estancia del sujeto de estudio.
  - ***Fiel:*** confirma que todas las medidas realizadas son independientes de la inclinación o irregularidad de la superficie de contacto permitiendo que el tallímetro esté paralelo a la base de sustentación.
  - ***Software informático de cineantropometría:*** aconsejable para el procesamiento de los datos, debido al alto número de medidas que se realizan, de disposición libre en la red informática, o bien de creación personal para ajustarse a un protocolo personalizado (véase capítulo 6).

14.1.2. Puntos somatométricos imprescindibles en una exploración antropométrica y técnicas de localización

Los puntos somatométricos o anatómicos son los puntos y referencias anatómicos sobre los cuales se determinan las distancias y se realizan las mediciones de las variables antropométricas. Existe un número importante de puntos somatométricos. Aunque algunos se utilizan en investigación en antropometría, los

que aquí incluimos son sólo de utilidad clínica y práctica. Unos son puntos óseos de apófisis de huesos y otros, por el contrario, se refieren a partes blandas. Deben identificarse con gran exactitud, siguiendo su secuencia general para su localización (véase capítulo 3).

El orden de identificación de los puntos anatómicos más importantes es el siguiente: acromial, radial, medio acromio-radial, estiloideo, medio biestiloideo, digital, subescapular, mesoesternal, xifoidal, abdominal, línea íleo-axilar, ileocrestal, ileoespinal, trocantéreo, muslo anterior, tibial lateral, tibial medial, maleolar tibial y maleolar fibular (Ross 1991).

Los puntos anatómicos mínimos e imprescindibles en cualquier exploración cineantropométrica son los enumerados a continuación: acromial, radial, medio acromio-radial, subescapular, xifoidal, línea íleo–axilar, ileocrestal o supracrestal e ileoespinal y supraespinal (Norton,; Whittingham; Carter; Kerr; Gore y Marfell-Jones, 1996).

14.1.3. Medidas antropométricas

Las medidas antropométricas se realizan sobre la base de unas *medidas o parámetros corporales,* que son aquellas medidas corporales recomendadas por el grupo normativo de referencia en cineantropometría en base al consenso internacional ISAK. Por tanto, no se realizan aleatoriamente, sino siguiendo unas localizaciones concretas, en este caso basadas en los textos de Rose y Marfell-Jones (1991), respaldadas por la ISAK (ISAK, 2001) y por el grupo español de referencia en cineantropometría, el GREC-FEMEDE en su *Manual de Cineantropometría* (Esparza, 1993), validándose muchas de ellas en el ASMR (Lohman y cols., 1988).

El sujeto de estudio posee una composición corporal interna básica sobre la que nosotros, de forma artificial, estimaremos dividida en diferentes componentes corporales que no representan tejidos puros, sino la aproximación de órganos similares que podemos agrupar bajo la acepción de un tejido mayoritario. La piel así descrita se considera una función del área corporal del cuerpo, por otra parte, su grosor y densidad indican otros parámetros a valorar. Los datos obtenidos del cadáver muestran que la superficie diseccionada de piel es mayor en hombres frente a mujeres para el modelo geométrico teórico. El tejido adiposo está basado en pliegues cutáneos de las extremidades y tronco, reconociendo que la adiposidad de los miembros generalmente domina en mujeres y la del tronco en varones. La técnica por perímetros corregidos puede ser de utilidad valorando la fórmula para predecir este tejido (Ross y Kerr, 1990).

El músculo fue estimado de pliegues cutáneos corregidos por perímetros. No se hicieron ajustes para el perímetro de antebrazo porque el lugar del pliegue cutáneo adyacente no está incluido en la mayoría de los protocolos (Ross y Kerr, 1990).

Los diámetros biacromial y biileocrestal se incluyen desde que son importantes indicadores del dimorfismo entre hombres y mujeres (Ross y cols., 1988). Para medir ambos miembros, el diámetro de húmero y fémur son duplicados. La masa ósea de la cabeza se determina independientemente del resto del esqueleto óseo mediante la escala del diámetro de la cabeza del *Phantom,* no la estatura (Ross y Kerr, 1990) (véase capítulo 9).

La asunción básica es que el tejido residual llena la cavidad torácica y puede ser determinado por el volumen del tórax. Desde que es independiente de la longitud de los miembros, los valores predictores son los valores Z del *Phantom,* escalas relacionadas con la talla sentado más que con la estatura (Ross, 1985).

Las medidas antropométricas convencionales en vivo para ISAK son las llamadas **medidas *esqueléticas.*** Se aceptan dos protocolos de medida generales para realizar dichas mediciones y que se conocen como ***Protocolo de medidas antropométricas total y protocolo de medidas antropométricas restringido.*** A estos se les añaden aquellas variables de magnitud específicas para poblaciones de sujetos con características especiales, y pueden registrarse en la misma ***Proforma u hoja de recogida de datos*** (véase Anexo II).

La talla y el peso, deben incluirse en la sección superior de la ficha antropométrica junto a otras variables fundamentales, y separadas de las alturas, longitudes, pliegues cutáneos, diámetros y perímetros. Debe incluir una sección en donde se completa la información demográfica, raza (2: asiáticos; 1: afroamericanos; 0: caucásicos e hispánicos), un número de identificación del test y del evaluador, nombre del evaluado, hora del día, edad en años y fecha de nacimiento para calcular la edad decimal, número del test, código posterior del sujeto (para futuros análisis demográficos), sexo (mujeres = 0; hombres = 1) y deporte que practica, así como un casillero para registrar los niveles de ejercicio físico durante los últimos 12 meses, las horas a la semana que lo practica, además, en caso de que fuese una mujer, fecha de la menarquia, de la última menstruación, o comienzo de la menopausia en casos particulares. Se completaría en el apartado de "comentarios" con la medicación o tramiento médico o fisioterapéutico que tomase en ese momento, con el fin de valorar o justificar resultados contradictorios. En otro apartado se escribe la altura del cajón antropométrico. Se pueden agregar variables específicas para valorar algún deporte en concreto o población en especial, estableciendo un **protocolo particular** para ese estudio, por ejemplo, los usados en deporte paraolímpico, o espaciales por su personalidad, como la pelota vasca, que requerirán mediciones especiales con otros criterios.

La posición de inicio en todo estudio para determinar medidas antropométricas es la ***posición de atención antropométrica o posición estándar erecta*** (véase capítulo 3, Figura 3.1).

Variables fundamentales. Consideramos a un número limitado de variables que corresponden a aquellas mencionadas con mayor asiduidad en los protocolos de trabajo que siguen las recomendaciones de la ISAK. El consenso en la identificación de las variables fundamentales, así como en otros grupos de variables es precisamente lo que permite comparar trabajos científicos de distinta procedencia permitiendo hacer valoraciones globales.

Medidas lineales. Las medidas lineales se dividen, según los planos y los ejes en que se encuentran, en: longitudinales, transversales, antero-posteriores y circunferenciales. Los pliegues cutáneos son también lineales, pues siguen el eje transversal y, ocasionalmente, oblicuo como el pliegue subescapular siguiendo las líneas de la piel.

Medidas longitudinales (en sentido vertical):

- *Talla o estatura o altura.*
- *Talla o altura sentado.*
- *Alturas: acromial, radial, ileoespinal, trocantérea y tibial lateral.*
- *Longitudes: método directo e indirecto.* Investigaciones previas han demostrado que los errores son más frecuentes cuando se utiliza el método indirecto de segmentos extrapolados para medir longitudes del cuerpo. Por tanto, se recomienda el método directo para realizar este tipo de medidas.

Los pliegues cutáneos deben fijarse con la mayor exactitud posible, utilizando para ello los puntos anatómicos correspondientes, y deben ser señalados con cruces, no con puntos. La amplitud de los pliegues cutáneos puede variar en 2-3 mm en promedio cuando el plicómetro se emplaza a 1 cm de su posición correcta. Las localizaciones erróneas de los pliegues cutáneos han demostrado ser el más común de los motivos de error entre los antropometristas. Habitualmente se utiliza la parte derecha del cuerpo para realizar las medidas, independientemente del lado dominante o las preferencias del sujeto de estudio o del investigador (Ross y Marfell-Jones, 1991).

Los atletas zurdos o ambidextros son susceptibles de mediciones en su lado izquierdo para el análisis del somatotipo, como originalmente fue descrito por Heath y Carter en 1967. En estos casos, por existir variaciones con respecto a los procedimientos estándar, deben notificarse en la hoja de recogida de datos. En la presente tesis doctoral se han registrado las medidas correspondientes al lado derecho y el izquierdo, lo que queda perfectamente reflejado en la hoja de recogida de datos, aunque por motivos de extensión, su análisis comparativo será expuesto en posteriores trabajos.

Los pliegues cutáneos descritos a continuación son los que los antropometristas especializados en actividades deportivas y los pediatras y endocrinólogos utilizan con mayor frecuencia para estimar el estado nutricional, lo que no implica que no hayan sido descritos muchos más, entre ellos: submalar, clavicular, trapezoidal, cervical C7.

Las mediciones del diámetro biacromial y las mediciones del miembro inferior tienen una amplia precisión en la reproducción de los datos; siendo el resto de las mediciones menos precisas y más susceptibles a los errores inherentes que conllevan los estudios con medidas (Behnke, 1961).

14.1.4. Protocolo restringido y completo de las medidas antropométricas

Protocolo restringido. Las medidas obligatorias recogidas son: **talla o estatura** en metros **y peso en kg, nueve pliegues cutáneos** en mm (tríceps, subescapular, bíceps, supracrestal, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pierna medial y axilar anterior), **cinco perímetros** en cm (brazo relajado, brazo contraído y flexionado, cintura, glúteos (cadera) y pierna (máximo) **y tres diámetros** (biepicondíleo de húmero, biestiloideo y bicondíleo de fémur). La determinación de estas medidas (junto con la talla y el peso), nos permitirá calcular: somatotipos, porcentaje de grasa corporal relativa (utilizando un número restringido de ecuaciones predictivas), índices del área de superficie corporal, índice de masa corporal (IMC o BMI), índice cintura/cadera (ICCad), patrones de distribución de grasa y perímetros corregidos por los pliegues cutáneos. También se pueden realizar otros cómputos de masa proporcional como estimadores de obesidad y ranking proporcionales de peso para utilizarlos como parámetros de comparación con otras poblaciones de interés.

Protocolo completo. La **proforma u hoja de recogida de datos** incluye, aparte de las medidas **estatura, talla sentado y peso, nueve pliegues cutáneos** (tríceps, subescapular, bíceps, supracrestal, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pierna medial y axilar medio); **catorce perímetros** (cefálico, cuello, brazo relajado, brazo contraído y flexionado, antebrazo (máximo), muñeca (estiloides distal), tórax (mesoesternal), cintura mínima o máxima en caso de obesos, glúteos (cadera), muslo 1 (1cm del glúteo), muslo 2 (med. Troc-tib-lat.) o muslo 3 (medio a la altura del punto del muslo anterior), gemelar o pierna (máxima) y supramaleolar o de tobillo (mínimo)); **trece alturas/longitudes** (acromial, acromial-radial, radial, radial-estiloidea, medioestiloidea-digital, ileoespinal, trocantérea, trocantérea-tibial lateral, tibial lateral, tibial medial-maleolar medial, longitud de pie); **ocho diámetros** (biacromial, biileocrestal, transverso de tórax, antero-posterior de tórax, biepicondíleo de húmero, biestiloideo de muñeca, bicondíleo de fémur y bimaleolar de tobillo).

Al incluir las longitudes segmentarias, se pueden establecer, asimismo, análisis de proporcionalidad. También se pueden realizar cómputos de masa proporcional, ranking de proporcionalidad de peso y estimadores de obesidad para utilizarlos como parámetros de comparación con otras poblaciones de interés (Documento de consenso del GREC de la FEMEDE; Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo) admitido para publicación en marzo de 2009.

GRUPOS	COMPONENTES		
	MASA GRASA	MASA ÓSEA	MASA MUSCULAR ESQUELÉTICA
Niños	Slaughter[11]	Rocha	Poortmans
Adolescentes	Slaughter	Rocha	Poortmans
Adultos 1	Durnin-Womersley	Rocha	Lee
Adultos 2	Durnin-Womersley	Rocha	Lee
Adultos 3	Durnin-Womersley	Martin	Lee
Mayores	Durnin-Womersley	Martin	Lee
Deportistas	Faulkner[17]	Rocha	Lee
	Carter[18]	Rocha	Lee
	Jackson & Pollock	Rocha	Lee
	Withers	Rocha	Lee
Obesos	Weltmann	Rocha o Martin	Lee

Tabla 14.1. Recomendación de ecuaciones para cada uno de los componentes de la composición corporal en los diferentes grupos

Masa grasa Slaughter y cols. (1988)

Niños: % Masa grasa = 0,735 (Pl Tri + Pl PiernaM) + 1

Niñas: % Masa grasa = 0,610 (Pl Tri + Pl PiernaM) + 5,1

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm / Pliegue Pierna M: Pliegue Pierna medial en mm

Masa ósea de Rocha

$$\text{Masa ósea (kg)} = 3{,}0^2 \times [\text{Talla}^2 \times \text{DM} \times \text{DF} \times 400]^{0{,}712}$$

Talla, Diámetro de Muñeca (DM), Diámetro de Fémur (DF) (todo en metros)

Masa muscular esquelética (MME) de Poortmans (2005)

$$\text{MME (kg)} = \text{Altura} \times [(0{,}0064 \times \text{PBC}^2) + (0{,}0032 \times \text{PMC}^2) + (0{,}0015 \times \text{PGC}^2)] + (2{,}56 \times \text{Sexo}) + (0{,}136 \times \text{Edad})$$

PBC: Perímetro brazo relajado corregido en cm
PMC: Perímetro muslo corregido en cm
PPC: Perímetro gemelar corregido en cm
Perímetro brazo corregido = Perimetro brazo - (Pl Tric/10)
Perímetro muslo corregido = Perimetro muslo - (Pl Muslo A/10)
Perímetro pierna corregido = Perimetro pierna - (Pl PiernaM/10)

Los pliegues en mm
Sexo: mujer= 0, hombre = 1
Edad en años

Masa grasa de Durnin & Womersley (1974)

Hombres	
De 20-29 años	$Dc = 1{,}1631 - 0{,}0632 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
De 30-39 años	$Dc = 1{,}1422 - 0{,}0544 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
De 40-49 años	$Dc = 1{,}1620 - 0{,}0700 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
De 50-72 años	$Dc = 1{,}1715 - 0{,}0799 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
Mujeres	
De 20-29 años	$Dc = 1{,}1599 - 0{,}0717 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
De 30-39 años	$Dc = 1{,}1423 - 0{,}0632 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
De 40-49 años	$Dc = 1{,}1333 - 0{,}0612 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)
De 50-68 años	$Dc = 1{,}1339 - 0{,}0645 \log_{10}$ (Pl Tri+ Pl Bic+ Pl Sub+ Pl Ileoc)

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Bic: Pliegue del bíceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Ileoc: Pliegue ileocrestal (cresta ilíaca) en mm

Masa ósea de Martin

La ecuación fue desarrollada en el estudio de cadáveres de Bruselas por el grupo de Alan Martin y cols. Es aplicable a grupos: Adultos 1 y Adultos 2

$$\text{MO: } 0{,}00006^* \text{ Talla}^* (\text{DH+DM+DF+DT})^2$$

Talla en metros
DH = Diámetro de húmero en cm
DM = Diámetro de muñeca en cm
DF = Diámetro de fémur en cm
DT = Diámetro de tobillo en cm

Masa muscular esquelética (MME) de LEE (2000)

Las medidas fueron realizadas con la metodología de Lohman 1988.

Es importante destacar que la referencia para el perímetro de muslo es el punto entre el pliegue inguinal natural y el borde superior de la rótula, y que el pliegue anterior del muslo es en la parte anterior y en el punto medio de esas referencias (diferente a la normativa ISAK).

Es aplicable a los grupos de Adultos 1, Adultos 2, Adultos 3, Deportistas y Obesos.

$$MME\ (kg) = Talla \times (0{,}00744 * PBC^2 + 0{,}00088 * PMC^2 + 0{,}00441 * PGC^2) + \\ + (2{,}4\ Sexo) - 0{,}048\ Edad + Raza + 7{,}8$$

PBC = Perímetro brazo corregido= Perímetro brazo relajado - (3,1416*(Pliegue tríceps/10))
PMC = Perímetro muslo corregido= Perímetro del Muslo - (3,1416*(Pliegue muslo ant/10))
PGC = Perímetro gemelar corregido = Perímetro gemelar - (3,1416*(Pl Pierna Medial/10))
Sexo = mujeres = 0; hombres = 1
Edad en años
Raza = -2: asiáticos; 1,1: afro-americanos; 0: caucásicos e hispánicos
Talla en metros, perímetros en cm, pliegues en mm

Grupo de Deportistas

Masa grasa — *Hombres*

Peso graso de Faulkner (1968)

% peso graso = (Pl Tri + Pl Sub + Pl Sesp + Pl Abd) x
x 0,153 + 5,783

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Sesp: Pliegue supraespinal en mm
Pl Abd: Pliegue abdominal en mm

Peso graso Carter (1982)

% peso graso = (Pl Tri + Pl Sub + Pl Sesp + Pl Abd +
+ Pl MusA + Pl PnaM) x 0,1051 + 2,58

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Sesp: Pliegue supraespinal en mm
Pl Abd: Pliegue abdominal en mm
Pl MusA: Pliegue muslo anterior en mm
Pl PnaM: Pliegue pierna medial en mm

Peso graso Withers (1987)

Dc = 1,078865 - 0,000419 (∑ Pl Abd + Pl MusA +
+ Pl PnaM + Pl Pect) + 0,000948 (Perím cuello) -
- 0,000266 (edad) - 0,000564 (Perím supramaleolar)

R = 0,787; SEE: 2,3% grasa corporal; SEE: 0,00537 g. cm^{-3}

Dc: Densidad corporal
Pl Abd: Pliegue abdominal en mm
Pl MusA: Pliegue muslo anterior en mm
Pl PnaM: Pliegue pierna medial en mm
Pl Pect: Pliegue pectoral en mm
Perím cuello: Perímetro de cuello en cm
Perím supramaleolar: Perímetro supramaleolar en cm
Edad en años decimales

Peso graso Jackson y Pollock

7 pliegues

Dc = 1,17615 - 0,02394 (log Pl Tri + Pl Sub + Pl Ileoc + Pl Abd + Pl MusA + Pl Pect + Pl AxiM) - 0,00022 (edad) - 0,0070 (Perim Abd) + 0,02120 (Perím. Antebr)

3 pliegues

Dc = 1,15737 - 0,02288 (log Pl Abd + Pl MusA + Pl Pect) - 0,00019 (edad) - 0,0075 (Perím. Abd) + 0,0223 (Perím. Antebr)

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Ileoc: Pliegue ileocrestal en mm
Pl Abd: Pliegue abdominal en mm
Pl MusA: Pliegue del muslo anterior en mm
Pl Pect: Pliegue pectoral en mm
Pl AxiM: Pliegue axilar medio en mm
Perím. Abd: Perímetro abdominal en cm
Perím. Anteb: Perímetro antebrazo en cm
Edad en años
Cálculo del % de GC mediante ecuación de Siri: % GC: (495/Dc) - 450

Masa grasa *Mujeres*

Peso graso de Faulkner (1968)

% peso graso = (Pl Tri + Pl Sub + Pl Sesp + Pl Abd) x 0,213 + 7,9

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Sesp: Pliegue supraespinal en mm
Pl Abd: Pliegue abdominal en mm

Peso graso Carter (1982)

% peso graso = (Pl Tri + Pl Sub + Pl Sesp + Pl Abd + + Pl MusA + Pl PnaM) x 0,1548 + 3,58

Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Sesp: Pliegue supraespinal en mm
Pl Abd: Pliegue abdominal en mm
Pl MusA: Pliegue muslo anterior en mm
Pl PnaM: Pliegue pierna medial en mm

Peso graso Withers (1987)

Medidas efectuadas con metodología ISAK. Se obtiene la densidad corporal y posteriormente se calcula el porcentaje graso a partir de la ecuación de Siri.

Dc = 1,14075 - 0,04959 (log10 $\sum$ Pl Tri, Pl Sub, Pl Sesp, Pl PnaM) + 0,00044 (edad) - - 0,000612 (Perím cintura) + 0,000284 (altura) - 0,000505 (Perím glúteo) + + 0,000331 (Perímetro pecho)

R=0,863; SEE: 2,7% grasa corporal; 0,00597 g. cm^{-3}

Dc: Densidad corporal
Pl Tri: Pliegue del tríceps en mm
Pl Sub: Pliegue subescapular en mm
Pl Sesp: Pliegue supraespinal en mm
Pl PnaM: Pliegue pierna medial en mm
Perim cintura: Corresponde al perímetro abdominal mínimo
Perímetro pecho: tomado a nivel de los pezones
Edad en años decimales
Altura en cm
Perímetros en cm

Peso graso Jackson y Pollock

$$Dc = 1{,}112 - 0{,}00043499^{*} (PI\ Tri + PI\ Sub + PI\ Ileoc + PI\ Abd + PI\ MusA + PI\ Pect + PI\ AxiM) + 0{,}00000055 (PI\ Tri + PI\ Sub + PI\ Ileoc + PI\ Abd + PI\ MusA + PI\ Pect + PI\ AxiM)^2 - 0{,}00028826^{*} edad$$

PI Tri: Piegue del tríceps en mm
PI Sub: Pliegue subescapular en mm
PI Ileoc: Pliegue ileocrestal en mm
PI Abd: Pliegue abdominal en mm
PI MusA: Pliegue muslo anterior en mm
PI Pect: Pliegue pectoral en mm
PI AxiM: Pliegue axilar medio en mm
Edad en años

Grupo de obesos

Hombres

$$\%\ GC = 0{,}31457\ (PAbd\ medio) - 0{,}10969\ (Peso) + 10{,}8336$$

PAbd en cm y Peso en kg
PAbd medio: Perímetro abdominal medio: Sumatorio de PAbd1 + PAbd2
PAbd1: entre ultimas costillas y cresta ilíaca, en cm y por la parte anterior entre xifoides y ombligo
PAbd2: A nivel de crestas ilíacas y por delante a nivel del ombligo

Mujeres

$$\%GC = 0{,}11077\ (PAbd\ medio) - 0{,}17666\ (Talla) + 0{,}14354\ (Peso) + 51{,}03301$$

%GC: Porcentaje grasa corporal
PAbd medio, PAbd1 y PAbd2 y Talla en cm
Peso en kg
PAbd medio: Perímetro abdominal medio: Sumatorio de (PAbd1 + PAbd2)/2
PAbd1: entre uútimas costillas y cresta ilíaca, en cm y por la parte anterior entre apendice xifoides y el ombligo
PAbd2: A nivel de crestas ilíacas y por delante a nivel del ombligo

La determinación de estas medidas permitirá calcular somatotipos, porcentaje de grasa corporal relativa (utilizando un gran número de ecuaciones de regresión), índices del área de superficie corporal, índice de masa corporal, cocientes cintura/cadera, patrones de distribución de adiposidad y perímetros corregidos por los pliegues cutáneos, así como estimaciones de masa ósea, masa muscular esquelética, masa grasa, masa libre de grasa por Segal (1988), o mediante las fórmulas de Baumgartner (1991) para el grupo de mayores, o Deurenberg (1990). Sin embargo, para las mujeres deportistas sería más aconsejable utilizar la fórmula de Fornetti (1999), porcentaje graso y peso residual por medio de métodos de fraccionamiento de la masa corporal (Kerr, 1988; Drinkwater y Ross, 1980).

14.2. Planificación y protocolos de macroestudios antropométricos como índices de salud

La planificación y puesta en marcha de macro y micro proyectos de investigación involucran una serie de etapas, cada una con un peso igualmente importante, tanto de cara al interior del proyecto, como en su evaluación y éxito posterior. La planificación es el eje central de las acciones futuras donde la estructura económica y la realidad política juegan el papel primordial. La metodología del marco lógico (véase capítulo 5), es una de las más utilizadas para la formulación y evaluación de proyectos por la mayoría de los organismos internacionales, permitiendo seguir todo el ciclo del proyecto (Banco Interamericano de Desarrollo. Oficina de Evaluación (EVO) 1995).

El marco lógico como *ENFOQUE* para el diseño de un proyecto, abarca fases diversas de análisis, tales **como la identificación del problema, de objetivos y selección de alternativas, la especificación de actividades para dar salida a los objetivos planteados** como resultados a obtener y el cálculo de recursos necesarios para darle respuesta; la definición de indicadores y fuentes de verificación y la identificación de supuestos de riesgo, **los cuales quedan expresados de manera resumida en la *Matriz del***

marco lógico, la cual constituye una herramienta para facilitar la gerencia del proyecto. **Esta metodología permite un diseño que satisface tres requerimientos fundamentales de calidad en un proyecto de desarrollo: COHERENCIA, VIABILIDAD Y EVALUACIÓN.**

14.2.1. Metodología de diseño de proyectos, objetivos, actividades e indicadores

Diseño de proyecto y objetivos. Para Moses Thompson: *el éxito en los proyectos radica en dos simples principios: objetivos claros y compromisos fuertes.* Los objetivos solo pueden ser formulados claramente si las causas y los efectos de los problemas a resolver han sido analizados previamente (análisis de problemas). Los problemas se refieren a una situación que denota inconveniencia, insatisfacción o un hecho negativo, no son hipótesis abstractas, sino que, por el contrario, afectan a una población, grupos sociales e instituciones determinadas. Al utilizar el Método del Marco Lógico o algoritmo la identificación del problema se realiza con la participación de todos los involucrados, es decir, en el análisis de la situación y definición del problema deben incorporarse todos los participantes, beneficiarios, sectores involucrados, opositores al proyecto y todos aquellos que de manera directa o indirecta puedan contribuir a llegar al nudo de la situación problema. Con posterioridad procederemos al análisis en tres fases (véase capítulo 5, apartado 1. De los problemas (OPS, 1994); 2. De los objetivos (un proyecto bien diseñado debe tener un solo propósito); 3. De las alternativas.

Actividades. Para cada uno de los objetivos propuestos se definirán las actividades que permitirán la consecución de cada resultado como, por ejemplo:

1. Diseño de estándares antropométricos y nutricionales.
2. Aplicación en población piloto para validación de los resultados.
3. Propuesta de metodología para la generalización de los estándares.

Indicadores. Constituyen el medio para establecer las condiciones necesarias para el logro de los objetivos del proyecto y para evaluar el cumplimiento de los resultados planificados (Kusek JZ y cols., 2004).

14.3. Los medios de verificación y supuestos

Describen las fuentes de información necesarias para la recopilación de los datos que permiten el cálculo de los indicadores y para validar la obtención de la información y los resultados planificados. Por lo general, el sistema de monitorización y evaluación describe los niveles, personas, eventos, procedimientos, documentos y datos que deben ser usados para realizar el seguimiento de la ejecución del proyecto (PNUD, 2002).

Todo proyecto afronta riesgos, ya sea de carácter natural, político-social, cultural o de otra índole, que podrían ocasionar el fracaso del proyecto, pese a su buena gerencia. El marco lógico permite la incorporación de estas condiciones del entorno en el diseño del proyecto, mediante la **columna de supuestos,** su función es proporcionar una visión clara de las dificultades de este tipo, así como de sus posibles medios de neutralización. El entorno social, económico, político, cultural y natural, al tiempo que constituye la base objetiva que sustenta una intervención bajo determinadas circunstancias, podría representar **riesgos para el desarrollo del proyecto.** Dichos riesgos podrían, en ocasiones, ser **neutralizados** pero, en otras, podría ser el indicio de una alteración estructural en el entorno **y no ser neutralizados** (véase capítulo 5).

14.4. Tratamiento estadístico

En un proyecto científico moderno se conoce como **tratamiento de la información** a todos los procesos físicos, matemáticos e informáticos que, iniciándose con los datos obtenidos en una serie de medidas, concluyen con unos resultados preparados para ser interpretados por los científicos del proyecto, que se les denominará ***estadísticos*** además del ***cineantropometrista;*** todo ello de cara a ofrecerle unos resultados interpretables de forma simple y clara. El esquema básico del proyecto, siguiendo el método científico tradicional, está representado en la Figura 6.1.

14.5. Somatotipo

En resumen, se podría establecer que las características de la metodología actualmente empleada se fundamentan en las siguientes peculiaridades (véase capítulo 7):

- El empleo de medidas antropométricas objetivas en sustitución de las apreciaciones fotoscópicas.
- La aceptación de la posibilidad de cambio, desde un enfoque fenotípico, en contraposición al concepto de somatotipo estable postulado por Sheldon.
- La identificación del somatotipo individual o media poblacional mediante un conjunto de tres numerales que proporcionan un compendio de las características distintivas de la morfología individual o del grupo.
- La apertura de la escala de los tres componentes, sin límites de valor preestablecidos, permite evaluar sujetos con físicos extremos; ya se trate de individuos de constitución muy débil, personas obesas o, con hipertrofia muscular.
- La posibilidad de analizar los datos somatotípicos, mediante la estadística paramétrica (categorías, chi-cuadrado, áreas en la somatocarta, distancia migratoria, etc...) como la no paramétrica (razón t, análisis de varianza, correlación, etc...), facilitando la comparación entre individuos, grupos, o distintos estados del mismo individuo.

Siguiendo la evolución histórica del concepto de somatotipo y reconociendo el método antropométrico de Heath-Carter (Carter, 1975) como el de elección por ser el aceptado de forma universal por la mayoría de los investigadores, procedemos a **definir** el **somatotipo** como la *descripción numérica de la configuración morfológica de un individuo en el momento de ser estudiado* (Esparza, 1993).

Dentro de este contexto, un **componente somatotípico** es la descripción de un aspecto particular del cuerpo humano y, por tanto, no independiente de los demás, representado mediante un numeral. El somatotipo se expresa en una escala de valores, mediante tres numerales consecutivos que representan cada uno la valoración de los componentes: **1. endomorfo** (grasa relativa del cuerpo), **2. mesomorfo** (desarrollo musculoesquelético en relación con la estatura) y **3. ectomorfo** (la linealidad relativa), registrados siempre en ese orden. Los valores de 0,5 a 2 unidades somatotípicas son considerados como bajos, de 3 a 5 como intermedios, de 5,5 a 7 como altos, y mayores a este último, como extremadamente altos (Carter y Heath, 1990).

Un solo componente aislado no proporciona información sobre las características del individuo si no está en relación con los otras dos, de modo que un valor alto o bajo en un componente deberá ser compensado por los demás y viceversa.

El somatotipo antropométrico de Heath-Carter se calcula **a partir de 10 variables antropométricas: talla, peso, cuatro panículos adiposos** (tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla media), **dos diámetros:** biepicondíleo del húmero y bicondileo del fémur; **y dos perímetros: brazo flexionado y en tensión y pantorrilla media** (véase capítulo 7).

Para expresar gráficamente el somatotipo, Sheldon empleó una representación bidimensional configurada en un plano en el que se representa un punto de dos coordenadas, X e Y, sobre un triángulo de lados curvos, obtenido a partir de un diseño realizado por Franz Reuleaux (1829-1905). Esta representación gráfica se conoce como **somatocarta** (Figura 7.11 y Tabla 7.1) y la distribución de puntos sobre la misma, **somatograma o distribución somatotípica** (véase apartado 7.2.2). Esta ha sido la representación más empleada en los diversos estudios. Presenta limitaciones al reflejar una proyección en el plano de la realidad tridimensional que es el somatotipo, por lo que pierde la riqueza interpretativa que ofrece el cálculo de sus tres componentes y dificulta el análisis de los parámetros estadísticos aplicables a su estudio. Por ello se ha querido representar esta realidad sobre un sistema tridimensional de coordenadas donde, por convenio, el componente de abcisas (llamado matemáticamente eje *x*) es la ectomorfia, el de ordenadas (llamado eje *y*) es la mesomorfia y en el eje perpendicular al plano *xy* (llamado eje z) es la endomorfia. A este tipo de representación se le llama **somatograma,** y un punto en el somatograma que corresponde a un somatotipo con un valor para cada componente recibe el nombre de **somatomarca** (véase Figura 7.5) donde se aprecia la represertación del somatotipo en un sistema de coordenadas tridimensionales.

El análisis de un somatotipo aislado proporciona información sobre el morfotipo de un sujeto en cada una de sus componentes y su relación entre las mismas. Sin embargo, el comportamiento de una muestra

de *n* somatotipos, requiere calcular los parámetros estadísticos que definen dicho comportamiento, analizándose el **somatotipo medio** ($\bar{S}$), la **distancia posicional del somatotipo** (DAS) y la **media posicional somatotípica** (véase apartado 7.2.1).

Se llaman **somatozonas** a aquellas regiones del somatograma o de la somatocarta en las cuales existe mayor probabilidad de encontrar somatotipos correspondientes a características muy concretas, como sería en un ejemplo los pívot de la NBA (Figura 7.23).

La **migración somática** consiste en el cálculo de la trayectoria que sigue un conjunto de somatotipos que están ordenados según algún criterio, por ejemplo, la edad o el tiempo de práctica de determinado ejercicio (Figura 7.27).

14.5.1. Ámbitos de aplicación del somatotipo

El somatotipo como indicador de salud

Describe el tipo físico y su variación en el tiempo para caracterizar los cambios en la estructura corporal durante el crecimiento, envejecimiento y entrenamiento; siendo asimismo, una excelente herramienta en el análisis de la imagen corporal tan importante con respecto a la población general como a los deportistas, tal y como se viene reflejando en las publicaciones de los últimos años.

Existe una relación estrecha entre el éxito deportivo y el somatotipo de los atletas de élite. Se sientan así, por tanto, las bases para explorar la importancia de los aspectos biomecánicos y fisiológicos de ciertas dimensiones del físico, con el rendimiento deportivo. Así se han podido establecer prototipos de somatotipos bien definidos por modalidad deportiva, que pueden emplearse como referencia durante los entrenamientos para mejorar el rendimiento deportivo. A este respecto Tanner y colaboradores (1975) postulan que el físico y la composición corporal condicionan una cierta habilidad atlética que actúan como un factor de selección. Otros estudios se han enfocado hacia el establecimiento de diferencias en la morfología de acuerdo al estilo o la posición de juego en la cual se desempeñan los atletas (Carter, 1990; Herrero, 2005), o bien los bailarines de danza y folclóricos (Aréchiga y cols., 2008).

Igualmente han sido objeto de atención los trabajos sobre crecimiento, tanto longitudinales que son los mas escasos, como de modo transversal donde se plantea la estabilidad y sentido de los cambios del somatotipo durante el proceso ontogénico, así como las posibles causas que pueden modificarlo, como la nutrición, la enfermedad, y el nivel de actividad física o de entrenamiento deportivo. Es importante señalar los hallazgos de Chobanová y cols., (1980) realizados en gemelos para analizar la influencia de la genética sobre la fuerza de los componentes del somatotipo destacando el fuerte influjo de la herencia en el físico con una mayor incidencia de los índices de heredabilidad en el grupo masculino.

Amador, en 1983, entre otros autores, por ejemplo, encontró una relación estrecha entre el índice de energía-proteína, utilizado en la evaluación nutricional, con el somatotipo, especialmente con el primer componente. Asimismo, revela un gran interés la relación entre el físico y la maduración (Pérez, 2000) llamando la atención para la adecuación de los métodos de entrenamiento, especialmente en los deportes de iniciación temprana como la gimnasia y natación.

El análisis de la forma corporal basado en la combinación de técnicas fotoscópicas y técnicas antropométricas, ofrece una posibilidad complementaria de análisis en la evaluación de la imagen corporal (Carter y Heath, 1990). Es útil en el deporte dentro del contexto de **selección y orientación de talentos.**

Los estudios de somatotipo, en el contexto deportivo, ponen de manifiesto que **los deportistas presentan en general una mayor mesomorfia que los no deportistas,** que presentan unos valores más elevados de su endomorfia, independientemente del sexo (Pacheco, 1993). Durante la práctica deportiva con entrenamiento intenso se favorece la disminución de la grasa corporal y la hipertrofia muscular, provocando una disminución de la endomorfia y un aumento de la mesomorfia.

El somatotipo no evalúa en ningún momento la distribución de la adiposidad o de las proporciones en general, para lo que resultan necesarios otros aspectos de la técnica cineantropométrica, tales como el estudio de la composición corporal y el análisis de la distribución de los componentes corporales mediante el estudio de la proporcionalidad (véanse capítulos 6 y 8).

Aplicación del somatotipo a los estudios de crecimiento. Adolescencia, dimorfismo sexual y consejo deportivo

La **forma corporal del adulto** es el **resultado final del proceso de adaptación del individuo inmaduro durante el crecimiento** (Rebato y Rosique, 2003). En el nacimiento (Figura 7.25), ambos sexos son muy mesomorfos y endomorfos mientras que su ectomorfia es muy pequeña. Sin embargo, rápidamente, desde los primeros meses, la endomorfia superará a la mesomorfia, mientras la ectomorfia sigue siendo muy baja. Hacia el final del primer año de vida, la endomorfia alcanza su máximo y, a partir de esa edad, la tendencia a la endopenia será la norma, excepto en el caso de las niñas, que experimentan un aumento de la endomorfia durante la etapa preadolescente. La mesomorfia también tiende a disminuir en las primeras etapas de la infancia, aunque con mayor suavidad que la endomorfia, estabilizándose en los varones en torno al valor 4, a partir de los 7 años, y en las mujeres, alrededor del valor 3 hacia los 12 años. Por último, la ectomorfia en ambos sexos crece paulatinamente hasta los 9 años, alcanzando un valor más elevado en varones (entre 2,5 y 3) que en mujeres (entre 2 y 2,5).

En general, los varones a **edades tempranas** se mueven desde endo-mesomorfia hacia ecto-mesomorfia y ectomorfia-mesomorfia balanceada. Las niñas siguen aproximadamente la misma trayectoria, desde la endo-mesomorfia y endomorfia mesomorfia balanceadas, por medio de los somatotipos centrales, hacia la endomorfia-mesomorfia balanceada (Heath y Carter, 1990). Hacia la edad adulta los varones tienden a estabilizarse en somatotipos mesomorfos o centrales, mientras que las mujeres tienden a somatotipos endomorfos o endomorfos-mesomorfos.

Hasta los 6 años niños y niñas son somatotípicamente muy parecidos, excepto por una marcada disminución de la endomorfia en los varones (véase Figura 7.25). Sin embargo, en estas primeras etapas, la diferencia más significativa es que entre los 6 y los 11 años las niñas muestran una mesomorfia superior a la de los niños, con un pico en la mesomorfia y la endomorfia a los 10 años muy superior al pico que se produce en los niños, que apenas varían la endomorfia.

En las mujeres, alrededor de los 9 años se produce un aumento muy acusado de la mesomorfia y la endomorfia, acompañado de una disminución igualmente acusada de la ectomorfia. Al año siguiente se produce el máximo para ambos componentes, disminuyendo bruscamente a partir de los 11 años. Es alrededor de esta edad cuando se produce en las mujeres el cambio de dominancia mesomórfica (Figuras 7.35.b y 7.36.b), que era la norma desde el final de la etapa preescolar, a dominancia endomórfica, hecho que suele coincidir con la perimenarquia.

La forma corporal femenina muestra una tendencia hacia los somatotipos centrales de la somatocarta entre los 11 y 12 años, siendo la ectomorfia el componente que menos variación sufre en este periodo de edad. A partir de los 12 años, la mesomorfia y ectomorfia sufrirán fluctuaciones entorno a su valor final. Sin embargo, la endomorfia irá en aumento, estabilizándose más adelante, ya en la etapa adulta (Figuras 7.35.b y 7.36.b).

Durante la adolescencia, con el incremento de la masa muscular y la conclusión del proceso de osificación, la mesomorfia masculina aumenta considerablemente y la ectomorfia decrece. En la adolescencia y madurez temprana, las mujeres experimentan un incremento de la endomorfia (Carter y Heath, 1990) desplazándose a través de la endomorfia-mesomorfia balanceada y meso-endomorfia. Así, los varones tienden a ectomorfia-mesomorfia balanceada o mesomorfia clara, y las mujeres presentan una ligera predominancia de la endomorfia. No se puede predecir qué sujetos mantendrán un somatotipo estable o por qué, sin embargo, se ha observado que mantener una dieta y actividad física constantes hace que, en la mayoría de los somatotipos, la ectomorfia se mantenga estable (Heath y Carter, 1990).

Las etapas adolescentes se caracterizan por cambios y fluctuaciones (Figura 7.25), menos acusados y más prolongados en el tiempo en los varones (entre los 9 y 17 años) y más bruscos y rápidos en mujeres (entre los 9 años y 15 años).

Carter y Heath (1990) proponen el cálculo y representación de las **distancias migratorias del somatotipo** para conocer, por medio de estudios longitudinales, la forma en que va variando el somatotipo medio en ambos sexos, con los distintos segmentos de edad. Para Marrodán (1990), el **dimorfismo sexual,** evidente a partir de los 9 a 10 años, se refleja solamente en un discreto cambio del somatotipo medio, donde para todas las edades se encuentra un mayor mesomorfismo en varones. Otros autores han señalado cambios importantes, sobre todo en lo que respecta a la **dominancia** de las componentes (Rosique y cols., 1994).

El estudio de la forma corporal es útil en el deporte dentro del contexto de **selección y orientación de talentos,** en el contexto deportivo, ponen de manifiesto que los deportistas presentan, en general, una mayor mesomorfia que los no deportistas, que presentan unos valores más elevados de su endomorfia, independientemente del sexo (Pacheco, 1993).

La similitud de un individuo joven con el referente de élite para el deporte que desea practicar, puede arrojar información acerca de su proyección deportiva y orientar hacia el deporte para el que está más preparado, en el que obtendría mayor rendimiento y tendría menor posibilidad de sufrir lesiones por su predisposición constitucional; u orientar su entrenamiento para aproximarse al deporte que desea si su somatotipo no se corresponde con aquel (Maestre, 2004).

El estudio del somatotipo puede ayudar a identificar las deficiencias susceptibles de cambio mediante la modificación de determinados hábitos alimentarios y deportivos El estudio de la migración somática puede poner de manifiesto el efecto de determinadas circunstancias que actúan sobre el somatotipo en un periodo de tiempo concreto (véanse las Figuras 7.27 y 7.38). Carter y Heath (1990) indican que los chicos de somatotipo predominantemente mesomórfico, realizan más actividades físicas que los de otras tipologías.

Somatotipo y composición corporal. Imagen corporal

La relación entre el somatotipo y la composición corporal es evidente y la variabilidad de la forma corporal resulta de su composición tisular (Rebato y Rosique, 2003) (véase apartado 7.4.3.2). Varios estudios muestran una relación proporcional entre endomorfia y porcentaje graso así como la mesomorfia con el peso magro (Slaughter y Lohman, 1988).

Dicha relación es de gran importancia epidemiológica durante el crecimiento, en el caso de los sujetos de peso normal y en el de jóvenes con sobrepeso u obesidad, cuya tendencia a poseer una distribución central de la grasa corporal (acúmulo preferente de grasa en tronco y abdomen), es considerado como un factor predisponente, para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas en la edad adulta (Rebato y Rosique, 2003).

La imagen corporal es una construcción multidimensional que describe ampliamente las representaciones internas, subjetivas de la apariencia física y de la experiencia manifestada corporalmente.

El cálculo del somatotipo (Tuker, 1983) y la valoración de la composición corporal son herramientas altamente objetivas para evaluar dicha imagen corporal, sin embargo, nuestra percepción depende también de factores subjetivos por lo que no todas las medidas antropométricas tienen la misma trascendencia en la valoración de nuestra autoimagen. Por todo ello, la selección de las variables antropométricas debe reflejar las dimensiones corporales que son trascendentes para este fin. Y se ha demostrado que los cocientes entre perímetros de cintura/cadera y diámetros, especialmente de tórax/cintura, junto a la distribución regional de la grasa en androide y ginoide, son las más valoradas en la interpretación de la imagen corporal.

Entre los factores externos que modulan la percepción de nuestros propios cuerpos y de los cuerpos de los demás, destacan la edad, el sexo, la influencia de los medios de comunicación y la influencia del medio sociocultural. Los prototipos de belleza propuestos por los medios de comunicación se convierten en modelos a intentar imitar, en un momento del desarrollo en que cada individuo necesita encontrar su propia identidad.

los países occidentales, pero también en aquellos que están bajo los efectos de una transición alimentaria nutricional (Lobstein y cols., 2004). Sus consecuencias, además de reflejarse en las primeras edades de la vida, constituyen por otra parte, un factor de riesgo en el incremento de la morbilidad y mortalidad prematura durante la etapa adulta (Rolland-Cachera y cols., 1990; Must y Strauss, 1999).

Las mujeres, por norma general, tienen una adiposidad más marcada hacia la parte inferior del cuerpo; es el Síndrome de Venus, caracterizado por una gran adiposidad en caderas y muslos, atribuidos a la acción de las hormonas femeninas; es lo que muchos estudiosos de la composición corporal han denominado la grasa sexual específica (Pérez, 2000).

Las variables que estiman la composición corporal, fundamentalmente aquellas que establecen el acúmulo de masa grasa en el cuerpo, determinan la vinculación tan estrecha que existe entre la cineantropometría y la salud.

La ventaja que ofrece este método frente a otros sistemas de evaluación de índices de salud es la posibilidad de fraccionar la estructura somática del sujeto para establecer una composición corporal que nos permita focalizar la prevención de enfermedades. La mortalidad, independientemente de la patología causante, tendría una relación directamente proporcional con el aumento de masa grasa y la disminución de masa magra, especialmente de masa muscular, y es por ello que varios autores empiezan a plantearse la importancia de esta última variable en la incidencia de la mortalidad de una población determinada (Oppert y cols., 2002; Welborn y cols., 2000).

La relación entre composición corporal y somatotipo es evidente pero no directa, y ha sido ampliamente explicada en los capítulos correspondientes (7 y 8).

Índices de adiposidad

- **Índice de Quetelet o índice de Masa Corporal (IMC).** Es quizá el parámetro más generalizado en los estudios epidemiológicos de carácter nutricional y, en particular, cuando se trata de diagnosticar el sobrepeso y la obesidad.
  Este índice tiene dos ventajas: la primera consiste en que su empleo es económico y fácil de calcular y, la segunda, es que se disponen de referencias publicadas por distintos organismos y comités de expertos que permiten clasificar el estado nutritivo estaturo-ponderal. Un índice de 25 kg/m^2 de superficie corporal **manifiesta un exceso de peso o sobrepeso** y, a partir de 30 kg/m^2 es ***obesidad,*** según ha establecido la OMS en 1998 para los adultos; y la clasifica en tres grados (véase Tabla 10.B.3). Estos índices varían de forma importante a lo largo del crecimiento y con distintas situaciones fisiopatológicas. Su mayor limitación se debe a que el peso en adultos varía no solo por variaciones en la masa grasa, si no también por variaciones en los demás componentes. La obesidad abdominal (central o visceral) se mide por el índice cintura-cadera, de modo que podemos encontrar ***obesos delgados,*** es decir, personas con exceso de tejido graso intraabdominal metabólicamente obesas, que tienen un peso normal, de hecho es posible estar en el intervalo óptimo de IMC, y presentar obesidad central. Así pues, las medidas tradicionales como IMC, **no parecen adecuadas para evaluar el problema ni el grado de éxito de las intervenciones quirúrgicas.**
  España está en una posición intermedia en el mapa europeo, de prevalencia de obesidad (OITC), con un 14,5% de personas con IMC>30 kg/m^2 (13,3% en varones y 15,7% en mujeres, según el documento de consenso elaborado por tres sociedades profesionales (Jover E, Millan J, 2005). A partir de un primer estudio de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO)) se estableció en el año 2000 una clasificación del sobrepeso en dos categorías y de la obesidad en cuatro, con el objetivo de añadir precisión al diagnóstico de cara a una posible intervención terapéutica (véase Tabla 10.B.4), aun así han sido actualizadas en 2007.
  Cuando se trata de población infantil y adolescente hasta los 18 años, comités de expertos como el *International Obesity Task Force* (IOTF) proponen cifras que sirven para clasificar el sobrepeso y la obesidad a partir de valores de IMC equiparables a las cifras diagnósticas de 25 kg/m^2 y 30 kg/m^2 para adultos (Tabla 10.B.5).

- **Índice de Bouchard.** Relaciona el peso en función de la estatura (véase capítulo 9).

- **Índice Ponderal (IP).** Empleado por Carter para la valoración del tercer componente del somatotipo (ectomorfia).

- **El índice de conicidad (C)** se contempla como una alternativa viable (Valdez, 1991; Valdez y cols., 1992; Mueller y cols., 1996) para el análisis de la distribución de grasa, específicamente la abdominal, y parece indicar que captura una mayor variabilidad que la expresada por el índice cintura/cadera de acuerdo a los puntos atípicos de una muestra dada, especialmente en adolescentes masculinos. Asimismo, se le considera como **un mejor indicador de riesgo cardiovascular y diabetes en el sexo femenino,** al explicar proporciones más altas de varianzas (Kyung y cols., 1989).

- **Índice Cintura-Cadera (ICCad).** Índice ampliamente utilizado en el ámbito de la epidemiología; se relaciona con el contenido de grasa visceral del organismo (Alexander, Dugdale, 1990). La nueva definición propuesta por la Sociedad Internacional de la Diabetes en abril de 2005, rebaja los límites del perímetro de cintura a 80 cm para las mujeres de raza blanca o caucásica (antes 88 cm) y de 94 cm para los hombres (antes 103 cm). El aumento de este índice se relaciona con un mayor contenido de grasa visceral en detrimento de la grasa periférica y, por tanto, mayor riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular. Aunque no permite diferenciar si se trata de una acumulación perivisceral o subcutánea (Pedreira y cols., 2003) (véase capítulo 8).

  Clasificación de la obesidad por ICCad

  a. **Obesidad central, abdominal o de tronco, visceral o androide o de manzana:** la grasa localizada en cara, región cervical, tórax y abdomen. Corresponde a un ICCad > de 1 en hombres y >0,9 en mujeres. Se vincula con un mayor riesgo de hipertensión, diabetes mellitus tipo 2, o con enfermedad cardiovascular, asociando la mortalidad independientemente del IMC.

b. Obesidad periférica, glúteo-femoral o de extremidades o ginoide de pera: se asocia a rangos de ICCad menor de 0,9 -1 en hombres, y menor de 0,8 - 0,85 en mujeres.

Según los trabajos de la WHO (Garrow, 1985) la acumulación de grasa abdominal puede ser un referente por circunferencia en cintura en correlación de riesgo metabólico (RM):

- RM aumentado, si es mayor de 94 cm en hombres, y mayor de 80 cm en mujeres.
- RM muy aumentado, si es mayor de 102 cm en hombres, y mayor de 88 cm en mujeres.

La mortandad oncológica es proporcional al perímetro de cintura y al ICCad.

Los factores predictores de riesgo en el adulto son el ***índice de masa corporal, o la circunferencia de cadera,*** relacionados con factores de riesgo como son la elevación de la presión arterial, y los niveles sanguíneos de colesterol total. En adolescentes se asocia con factores de riesgo cardiovascular (Cabrera y cols., 1995, Pérez y cols., 2000). A este respecto, Malina y colaboradores (1999) sostienen que ***la relación subescapular/tricipital,*** se estabiliza en niñas y se incrementa en los varones, debido al aumento del depósito de grasa troncular y a la disminución de la acumulación de grasa de las extremidades (véase capítulo 8).

De manera similar, el aumento del pliegue subescapular en niños y niñas y la disminución del pliegue tricipital en los varones, aunado a la mayor acumulación de grasa centrípeta en el sexo masculino, han sido valorizados en una muestra del Estudio Longitudinal de Caracas.

La prevalencia de estas patologías presenta un dimorfismo sexual claro, consecuencia de la diferente disposición de la masa grasa en hombres y mujeres. Esta distribución tiene una relación directamente proporcional con los pliegues cutáneos, independientemente de su localización y, además, se han establecido unos límites de protección a partir de los cuales se incrementa la posibilidad de sufrir episodios cardiovasculares, cuyos valores deben situarse en un grosor de pliegues por debajo de 12 mm en el sexo masculino y 15 mm en el femenino. Si bien, hay determinados autores que defienden que particularmente el pliegue abdominal es un indicador de riesgo cardiovascular por sí mismo. Especialmente en varones es muy estrecha la relación entre la prevalencia de la hipertensión arterial y la cardiopatía isquémica con un depósito desproporcionado en la región intraabdominal, aunque debemos señalar que esta vinculación no solo se mantiene con este exceso de tejido adiposo, sino que además intervienen muchas variables cineantropométricas, entre las cuales destacamos el **diámetro antero-posterior de tórax** por ser el que presenta la mayor potencia de asociación.

El pliegue de tríceps tiene una correspondencia tan estrecha con la patología hipertensiva que es muy similar a la de factores etiopatogénicos de esta enfermedad tan importantes como la edad, la frecuencia cardiaca, la ingesta de alcohol o los antecedentes familiares de patología cardiovascular. *Los pliegues grasos centrales* (y entre todos ellos destaca el subescapular por su mayor potencia de asociación, como ya habíamos mencionado previamente) condicionan la morbimortalidad de la cardiopatía isquémica, la hipertensión arterial y la angina de pecho; mientras que *los pliegues periféricos* tendrían una equivalencia directamente proporcional con los parámetros que nos definen la mortalidad en varones que se encuentran en la edad media de la vida, manifestándose según una distribución gráfica en forma de U y, si bien esta concordancia no es estadísticamente significativa, sí se considera muy importante desde el punto de vista clínico. Todos ellos individualmente (principalmente el subescapular, abdominal, bíceps y tríceps), el sumatorio de los pliegues del tronco, el sumatorio de la totalidad de ellos, (centrales más periféricos), y el porcentaje de grasa son variables cineantropométricas que tienen una reciprocidad tal con la cardiopatía isquémica que deberían considerarse como factores que nos determinan el diagnóstico precoz de la enfermedad; aunque realmente los más importantes en el ámbito de la asistencia sanitaria son el **pliegue subescapular** (único que sí tiene una relación estadísticamente significativa), o el de bíceps, y el sumatorio total de pliegues, que se aproximan tanto a esa significación que pueden considerarse como estadísticamente representativos. El **cociente subescapular/tríceps** tiene asimismo una gran afinidad con la incidencia de cardiopatía isquémica por un lado, y con los factores etiopatogénicos que determinan los índices letales de origen cardiaco, pero exclusivamente en mujeres, por otro (véase capítulo 9).

Los estudios de composición corporal en relación al tejido graso, se han analizado tomando en consideración dos puntos de vista: cuando se considera la **adiposidad general,** y más recientemente, cuando los individuos son estudiados en función de la *distribución o patrón.*

Adiposidad y patrón de distribución son dos cosas distintas, no hay por otra parte, una correlación significativa entre ambas. Según Martin, para tener una idea acertada de la distribución, hay que utilizar seis o más pliegues ubicados en diferentes regiones del cuerpo (Martín y cols., 1990) y el índice de centripetalidad para (Bouchard y Johnston, 1998; López-Blanco y cols., 1996; Campos y Macías de Tomei, 2003). Con **seis pliegues, se evalúa toda la estructura corporal y se proporciona un perfil que sirve para caracterizar una población o hacer seguimientos individuales** (Ross y Marfell-Jones, 1991).

El método antropométrico permite evaluar la GC y su distribución. Para definir y estimar el patrón de grasa se utilizan diversas variables, así se pueden mencionar las circunferencias, los pliegues de tejido adiposo y combinaciones de variables tales como peso, talla y circunferencias, con las que se establecen aproximaciones de la grasa corporal. La elección entre utilizar pliegues o circunferencias en una investigación va a depender del tipo de muestra con la que se trabaje. Por ejemplo, Johnston y colaboradores, en un estudio realizado en **mujeres obesas, encontraron que la circunferencia de la cintura predijo mejor el patrón de adiposidad superior; mientras que la circunferencia del muslo fue un mejor indicador del patrón de adiposidad inferior** (Johnston, 1988). Un indicador recomendado para evaluar la distribución centrípeta de la adiposidad **en niños es la relación cintura /muslo.**

14.6.1. Los métodos bioeléctricos para la valoración y el control de la composición corporal

Los métodos bioeléctricos, conocidos popularmente como ***BIA*** (del inglés: *Bioelectrical Impedance Analysis*), son cada vez más utilizados para la valoración de la composición corporal y de la cinética de fluidos, por la simplicidad de su protocolo no invasivo, rapidez de administración (1-5 min), fiabilidad, economía y potencial validez, tanto en el ámbito médico-clínico (control de la distribución de fluidos e hidratación de quemados, diálisis, oncología, VIH, etc.), como en el epidemiológico y deportivo: estudio y control de la obesidad y desnutrición, efectos de los distintos tipos de dieta, siempre y cuando se siga el protocolo de medida correcto. El BIA es capaz de estimar el agua corporal total (ACT) y, por ello, la masa libre de grasa (MLG). Por derivación obtendremos la masa grasa (MG).

El **método de bioimpedancia** está basado en la menor resistencia al paso de una corriente de baja intensidad (100-800 µA) y baja o media frecuencia (50-200 kHz), de la masa libre de grasa (MLG) comparada con la del tejido adiposo y hueso, y en la relación geométrica existente entre la resistencia de un conductor (el cuerpo humano) y su volumen. Para minimizar la Z de la piel, se deben utilizar cuatro electrodos de calidad (de 6 a 11 en la BIAseg.) y convenientemente separados (véase capítulo 8.A.1).

Pero a la vista de los resultados de cualquier parámetro antropométrico que pueda ofrecer cualquier modelo y técnica de ***BIA,*** se debe tener muy en cuenta que lo único que dichos aparatos cuantifican o miden directamente es la Z del cuerpo humano. Así pues, es fácil deducir que todos los parámetros de la composición corporal que de ella se derivan serán una medida o estimación "indirecta", en el caso de la valoración de los depósitos de agua corporales; **o "doblemente indirecta"** para los demás tejidos corporales: ***MGT, MLG, MIC o MEC.***

A la hora de elegir un método y modelo determinado de ***BIA,*** la característica más importante a tener en cuenta, es la que posibilite la medida exacta (real) y precisa (fiable) de la Z con todos sus componentes: R, Xc y θ.

Los modelos de BIA deberían incorporar en su *software,* fórmulas de predicción derivadas con diferentes grupos de población: niños, adultos, mayores, deportistas, obesos, enfermos, etc., para que el profesional decida cuál de ellas se ajusta más a las circunstancias de su trabajo. Es decir, a las características del sujeto analizado y a la necesidad de valorar con la mayor validez posible algún parámetro antropométrico determinado (véase capítulo 8.A).

Para el *seguimiento longitudinal y el control del estado nutricional* de un sujeto, creemos muy conveniente la utilización del **diagrama de Piccoli,** ya que, además, permite una valoración comparada con una población sana de referencia.

Composición corporal y su aplicación al deporte

La CC es un factor fundamental en la evaluación de los deportistas de alto rendimiento. Al examinar la morfología de estos atletas, debería analizarla la cineantropometría según el procedimiento que **fracciona el cuerpo en cuatro componentes.** Debería ser un trabajo conjunto de los servicios médicos y del cuerpo técnico deportivo para decidir la *composición corporal "ideal"* del deportista, en función de los requisitos técnicos del deporte y las posiciones en el terreno de juego de los jugadores o categorías de peso, siempre teniendo en cuenta que hay parámetros de marcado carácter genético; porcentaje o PO y PR, y otros que pueden modificarse con el entrenamiento y la dieta; porcentaje o peso graso (PG) y peso muscular (PM).

En los deportistas de alto rendimiento la composición corporal debería tener mayor importancia que el peso corporal.

La relación directa entre **la fuerza máxima y la masa muscular (MM),** la suma de perímetros de brazo relajado y muslo (descrito en la bibliografía pertinente como la localización intermedia entre el pliegue inguinal lateral y el punto medio patelar), que se utiliza como indicación de la masa muscular en estudios epidemiológicos, está relacionada con la mortalidad de la población masculina de mediana edad, siguiendo una distribución gráfica en forma de J invertida; como en los deportes de fuerza o de combate (halterofilia, lucha, judo, etc.), que es donde su desarrollo en áreas concretas del cuerpo se considera mejor indicador del rendimiento deportivo que el porcentaje graso. Asimismo, en estos deportes la mayor MM favorece la velocidad y precisión en la ejecución de los gestos deportivos, y constituye un grupo heterogéneo que depende fundamentalmente de las cualidades de potencia y resistencia para conseguir el éxito deportivo, donde el factor tiempo es poco importante.

La fuerza que se ejerce en estas modalidades deportivas debe realizarse de forma centrípeta o centrífuga, dependiendo de si la resistencia antagónica es ***externa y constante*** (piragüismo o lanzamientos de disco, martillo, peso y jabalina), ***externa y variable*** (halterofilia) o ***producida por un oponente*** (deportes de combate: judo, boxeo, lucha y esgrima).

La cineantropometría nos permite regular y seguir variables imprescindibles para el éxito deportivo, controlar exhaustivamente a aquellos atletas sometidos a regímenes dietéticos especiales, fundamental en los deportes de alto rendimiento clasificados por categorías de peso que requieren aumentarlo o disminuirlo en una temporada, o a lo largo del tiempo para mejorar su capacidad competitiva. ***La masa grasa (MG)*** en la mayoría de los casos solo aporta aumento de peso no útil creando un feedback negativo (véase capítulo 8.B). A una velocidad o tiempo de aceleración determinada, la MG es directamente proporcional al porcentaje de VO_2 max utilizado durante esa fase del ejercicio físico, e inversamente proporcional al trabajo necesario para desarrollar un gesto deportivo de forma eficaz.

La grasa corporal (GC) es, pues, primordial para la planificación de la temporada y para obtener el máximo rendimiento, además de que varía rápidamente en relación con los otros segmentos corporales (por efecto de lesiones, periodos de reposo, etc.). En los hombres cualquier cambio en el ***porcentaje de grasa corporal*** se puede detectar mucho antes si se efectúa un análisis de la CC en la región del tronco, siendo directamente proporcional al balance calórico. Por otro lado, la MG produce un descenso inversamente proporcional de la superficie en relación a su MC así, cuanto mayor es la MG, más efectiva es la pérdida de calor cuando la temperatura ambiental es menor que la corporal.

La pérdida no regionalizada de masa grasa tiene relación directa con el metabolismo de los hidratos de carbono y los lípidos. Los pliegues cutáneos de tronco (subescapular), como índices del depósito regional central del tejido adiposo, son proporcionales al metabolismo de los HC.

En la actualidad, más que por el porcentaje de grasa, se aboga por la construcción de un "perfil de distribución de tejido adiposo", donde el número de pliegues no debería ser inferior a seis, permitiendo señalar en qué región corporal el acúmulo de masa grasa es mayor, y actuar sobre ellos comprobando si se producen cambios en el tiempo con la alimentación y el entrenamiento.

En el deporte de alto rendimiento ciertos músculos se desarrollan de manera diferente en función de su utilidad biomecánica del gesto deportivo, almacenándose la grasa en esas zonas menos activas, es ***peso muerto*** que conviene eliminar.

Los deportes los clasificamos en función de su ventaja competitiva debido a factores biomecánicos o factores regionales (distribución de masa grasa), basándonos en el depósito central o periférico de tejido adiposo, que en cineantropometría se mesuran por los pliegues cutáneos abdominal y de muslo anterior (véase capítulo 8.B.1). **Al analizar la MM** debemos distinguir primero tres conceptos: **fuerza, potencia y resistencia muscular.** El médico deportivo debe conocer que el incremento de fuerza al principio es consecuencia de factores neuronales, pero el desarrollo a largo plazo origina hipertrofia muscular que se consigue con entrenamientos cíclicos de resistencia. En la evaluación de los efectos de un programa de entrenamiento, en el contexto del deporte o la rehabilitación postlesión, es de gran interés el estudio de los segmentos corporales de la MM, que predomina en tronco y MMSS en piragüismo, siendo alta en MMSS tanto en judo como en gimnasia, y en MMII en piragüismo (remo), carreras de velocidad, esgrima y ciclismo pero, en términos generales, lo es en halterofilia, boxeo, baloncesto y rugby. Una de las características más prematuras del efecto del sobreentrenamiento es la disminución de la masa magra, principalmente de la MM.

Un inconveniente que muestra la CC es que, al tratar al individuo como un todo, no tiene en cuenta que determinados desequilibrios en una parte del cuerpo pueden verse matemáticamente compensados con otros desequilibrios en otras partes, sin que esto suponga una compensación saludable en el individuo como un todo, o al contrario, ser causa de lesión, por ello se debe ampliar el estudio de la proporcionalidad con índices Z (véase capítulo 9.6.1).

La masa ósea (MO) es también un factor dinámico, lógicamente cambia en menor medida que la masa grasa o la masa muscular con el entrenamiento, pero contribuye a formar la masa corporal predisponiendo a los individuos para determinados deportes, como los acuáticos y en la influencia en el desarrollo de osteoporosis en mujeres atletas, sobre todo las amenorreicas. La MO estaría determinada, asimismo, por otros factores además de los genéticos; representa un 16,3-25,7% de la masa corporal.

En los trastornos de la alimentación como la anorexia nerviosa hay una pérdida muy significativa no solo de masa grasa, sino también de masa muscular. El porcentaje de grasa descrito en pacientes anoréxicos es del 7% +/-2, llegando a describirse relaciones incluso por debajo del 5%. La significación estadística más importante se dio entre el pliegue de tríceps y el porcentaje de grasa como factores discriminantes de la anorexia. Esto ocurre en menor medida en los pacientes masculinos, porque una de sus características determinantes es el realizar ejercicio físico compulsivamente

14.7. Proporcionalidad corporal

Cuando hablamos de proporcionalidad nos referimos a un concepto matemático que, aplicado al estudio de la condición física humana, implica la razón o proporción entre los parámetros obtenidos mediante las medidas corporales y engloba, desde una perspectiva diferente, al estudio de la forma y composición corporales en la valoración del perfil cineantropométrico del individuo.

El análisis de la proporcionalidad es motivo de estudio e investigación en diversos campos del conocimiento humano que abarcan desde la medicina deportiva hasta la pediatría, la antropología, la nutrición o la endocrinología,. Su conocimiento en los deportistas es importante puesto que de sus proporciones depende, en gran medida, la capacidad para realizar esfuerzo físico y su rendimiento deportivo; sin embargo, el estudio de la variación que sufren las proporciones corporales durante el crecimiento, aporta información de la estimación del grado de maduración corporal. En el campo de la nutrición y la endocrinología, la monitorización de las proporciones corporales contribuye al diagnóstico y control de determinadas patologías y desórdenes tanto alimentarios como nutricionales.

Drinkwater (1980) retomó los planteamientos del comienzo sobre la **composición corporal, caracterizada por la división en cuatro componentes (peso graso, peso óseo, peso muscular y peso residual),** presentando una técnica que armoniza los valores antropométricos de estas cuatro áreas con los valores del modelo propuesto por Ross y Wilson en 1974, el sistema *Phantom* de análisis de la proporcionalidad corporal, lo que permite valorar los pesos corporales parciales con un pequeño margen de error. Posteriormente, Kerr (1988) añadió un **quinto componente, la piel,** utilizando medias antropométricas previamente ajustadas al modelo de referencia unisexuado o asexual ***Phantom o modelo metafórico.*** Sin

embargo, dicho modelo tiene dos limitaciones: primera, no tiene en cuenta las diferencias entre regiones corporales; segunda, depende de la consistencia del modelo *Phantom* sobre todo en cuanto a la correlación entre las medidas antropométricas y los valores asignados del peso de los tejidos, ya que presupone unos valores constantes para las distintas densidades de los mismos (Shepard, 1985); todo ello dificulta su aplicación en distintas edades, sobre todo en la infancia, juventud y senectud (véase capítulo 9).

Índices de las extremidades

- **Longitud relativa de la extremidad superior (LRES):** (véase capítulo 9.2.2) se clasifican en:
  - **Braquibraquial** (extremidades superiores cortas): menor de 44,9.
  - **Mesobraquial** (extremidades superiores intermedias): 45-46,9.
  - **Macrobraquial** (extremidades superiores largas): mayor de 47.
- **Longitud relativa de la extremidad inferior (LREI):** (véase capítulo 9.2.2) se clasifican en:
  - **Braquioesquelético** (extremidades inferiores cortas): menor de 54,9.
  - **Mesoesquelético** (extremidades inferiores medianas): 55-56,9.
  - **Macroesquelético** (de extremidades inferiores largas): mayor de 57.
- **Índice intermembral:** (véase capítulo 9.2.2).
- **Índice braquial (IB):** (véase capítulo 9.2.2). Se clasifican en:
  - **Braquípico** (antebrazo corto): menor de 77,9.
  - **Metrópico** (antebrazo medio): 78-82,9.
  - **Macrópico** (antebrazo largo): mayor de 83.
- **Índice crural (ICr):** (véase capítulo 9.2.2).

Índices del tronco

- **Índice córmico:** (véase capítulo 9.2.2). Importante en estudios de crecimiento.
  - **Braquiocórmico** (tronco corto). Masculino: hasta 51,0; femenino: hasta 52,0.
  - **Metricórmico** (tronco medio). Masculino: 51,1-53,0; femenino: 52,1-54,0.
  - **Macrocórmico** (tronco largo). Masculino: desde 53,1; femenino: desde 54,1.
- **Índice esquelético o de Manouvrier.** Tiene gran relación con el índice relativo de la extremidad inferior (IREI), siendo igual sus clasificaciones.
  - **Braquioesquelético** (IREI cortas): menor de 84,9.
  - **Mesoesquelético** (IREI medias): 85-89,5.
  - **Macroesquelético** (IREI largas): mayor de 90.
- **Índice acromioilíaco** (véase capítulo 9.2.2). Se usa en estudios de crecimiento para valorar el dimorfismo sexual especialmente en etapas críticas como la adolescencia.
  - **Tronco trapezoidal:** menor de 69,9.
  - **Tronco intermedio:** 70,0-74,9.
  - **Tronco rectangular:** mayor de 75,0.
- **Envergadura relativa.**

14.8. El método *Phantom* de proporcionalidad

La utilización de los anteriores índices plantea varios problemas: su origen es poco sistemático, solo son adecuados a planteamientos concretos de determinados estudios, y no estudian la totalidad de la proporcionalidad sino solo partes aisladas (véase capítulo 9.3.1). Al igual que el metro es la unidad de longitud, los valores del modelo *Phantom* para cada variable antropométrica representan la "unidad" de medida en proporcionalidad humana. Ahí radica su potencia (véase Figura 9.1). Serán estadísticamente compatibles todos los trabajos que utilizan el modelo *Phantom* como patrón, respecto al que hacen alusión

los datos y resultados. Es decir, al usar este modelo como referencia, se consigue que los resultados sean generalizables pero, desde el punto de vista estadístico estricto, plantea un problema. Aunque la distribución de valores de una variable para cada uno de los sexos, teóricamente, fuera una distribución normal, la suma de ambas distribuciones normales no sería a su vez normal (véase Figura 9.2). Esto significa que, para describir el modelo *Phantom* no basta sólo con dar el promedio y la desviación estándar de cada variable.

Por este y otros motivos, normalmente, se puede dar el caso de que un individuo de sexo, etnia y edad determinadas no coincida en muchas variables con este modelo y, por tanto, los valores de sus índices Z difieran, incluso a veces notablemente, del valor cero. Sería erróneo considerar que los índices Z del *Phantom,* calculados para un individuo o grupo, cuando son distintos de cero en alguna variable, representan desviaciones respecto a la población general normal: *Phantom* no representa al ideal de normalidad de la población. En resumen, en una primera aproximación, bajo el supuesto de normalidad del modelo *Phantom,* los índices Z son unas variables análogas al cálculo del percentil en el que se sitúa un individuo respecto a la población general (véase Figura 9.3).

Un estudio completo de proporcionalidad supone trabajar con unas 54 variables fundamentales más todas aquellas variables secundarias que sean de interés para un estudio particular, con el fin de obtener la mejor consecución de sus objetivos científicos. De ellas, ***variables básicas son 26,*** elegidas porque son las necesarias para los cálculos de los componentes de la composición corporal y del somatotipo, así como algunas variables para completar el estudio del tronco y de los miembros superior e inferior. (Véanse Figuras 3.39 y 3.48; 9.4.a y b; y 9.5).

- **Las variables fundamentales:** la talla en bipedestación o estatura (cuyo índice Z sabemos de antemano que es igual a cero), la talla sentado, la envergadura y el peso.
- **Longitudes y alturas:** altura trocantérea y longitud de la extremidad superior.
- **Diámetros:** biacromial, antero-posterior del tórax, torácico transverso, biepicondíleo del húmero, biileocrestal, biestiloideo y bicondíleo del fémur.
- **Perímetros:** torácico axilar, umbilical, del brazo relajado y contraído, antebrazo, muslo y pierna.
- **Pliegues:** subescapular, abdominal, supracrestal, tricipital, muslo anterior y de pierna.

Tras procesar estos datos obtendremos un gráfico llamado ***perfil de proporcionalidad*** (véase Figura 9.6).

El **tratamiento estadístico** que se aplica en el estudio de la proporcionalidad será:

- Si trabajamos con un solo individuo, sus índices Z los compararemos con la población de su misma edad, sexo, grupo étnico, hábitos alimentarios y actividad física; o bien con la población con la que deseemos hacer la comparación de cara a variaciones en la alimentación o en la actividad física, o cualquier otra característica diferenciadora como el crecimiento.
- Si trabajamos con un grupo de individuos tendemos que realizar pruebas de bondad de ajuste (prueba de Smirnov-Kolmogorov o de Shapiro-Wilks), calcular las estadísticas básicas o usar pruebas no paramétricas, pruebas comparativas por edad, sexo, lateralidad,... (F-Snedecor, ANOVA, contraste de Kruska-Wallis,...) y, por último, hacer un estudio de las correlaciones.

Tras analizar la bibliografía sobre el tema y con los resultados obtenidos, realizaremos nuestras observaciones e hipótesis que, una vez contrastadas, darán lugar a las interpretaciones de los datos obtenidos en nuestro estudio. **El significado físico de los índices Z del modelo *Phantom* se encuentran cuando comparamos los valores de un individuo con los de un grupo o referente al que utilizaremos como ideal o prototipo para su correspondiente sexo, etnia, edad, actividad física, alimentación o dieta, etc. Por ello, es importante establecer estándares o prototipos de proporcionalidad según las distintas características que pueda cumplir un sujeto de estudio.**

Dada la relación que existe entre los diámetros y la masa ósea, los perímetros y la masa muscular y los pliegues y la masa grasa, el perfil de proporcionalidad que hemos propuesto se puede interpretar tal como indica la Figura 9.8 respecto al modelo compartimental de la CC, pudiendo determinar su distribución.

La función básica del modelo *Phantom* es servir como patrón de medida para la comparación entre distintas muestras. Se puede determinar las diferencias entre un atleta y el modelo ideal o prototipo

de un deporte concreto como "perfil deportivo", la forma física o cualquier otra cualidad entre individuos, como el crecimiento; estrategia de búsqueda de prototipos que nos lleva al desarrollo de tablas de índices Z para cada cualidad o característica humana. Así se completan los distintos referentes ideales, pero con ventajas frente a otros métodos de análisis corporal, porque permite determinar, además, en qué lugares concretos de la anatomía se producen las mayores desviaciones, permitiendo concretar estrategias personalizadas para el acercamiento del individuo hacia el modelo ideal que se elija, cambiando la dieta, el entrenamiento, etc (Véase capítulo 9.6.1).

Debemos destacar que el método de fraccionamiento de la masa corporal en dos, tres, cuatro o incluso cinco componentes tiene el inconveniente de trabajar con el cuerpo humano como un todo, sin diferenciar miembros o tronco (por ejemplo, adiposidad central por pliegues en el tronco con Z superior al promedio). Es decir, el método de la composición corporal, supone solo una aproximación poco resolutiva al problema de la evaluación corporal del individuo o grupo. Por otra parte, un estudio de la proporcionalidad con índices Z sí supone una clara ventaja, ya que nos permite conocer cada parte del cuerpo con un valor más concreto para su componente graso, óseo y muscular. De esta forma se puede evaluar mejor el estado de salud, recomendar ejercicios y cambios de alimentación o dietas adecuadas para resolver o prevenir problemas específicos.

Se utilizarán unas u otras ecuaciones de la CC en función de diversos factores tales como el sexo, el grupo étnico, la actividad física, etc... Por el contrario, aunque los índices Z, en sí mismos, no nos aportan un valor exacto para cada componente, nos permiten estimar de forma cualitativa.

14.8.1. Estimación del somatotipo desde la proporcionalidad

El somatotipo es una forma de evaluar al individuo como un todo según las tres componentes. El somatotipo del modelo *Phantom* es el siguiente:

- Ectomorfia (Ph): 2,5; s = 0,3
- Mesomorfia (Ph): 3,7; s = 0,5
- Endomorfia (Ph): 4,8; s = 0,6

Con estos valores se puede conocer, una vez calculado el somatotipo del individuo o grupo de estudio, cuáles son sus índices Z. Comparando estos índices con los del promedio poblacional para sus mismas características o los modelos ideales, podemos conocer la variación respecto a tales referentes (véase capítulo 9.6.2 y Figura 9.14).

14.8.2. Prototipos. Aplicación a los niños del mismo método de estudio de proporcionalidad que en adultos

El modelo *Phantom* tiene por sí mismo una capacidad comparativa muy limitada. Por ello, cuando trabajamos con un solo individuo o con grupos muy reducidos, la búsqueda de valores estándar para subgrupos por edad, sexo, etnia, hábitos alimentarios y actividad física. A estos valores estándar se les llama ***prototipos.*** No existen en la actualidad valores de referencia para cada uno de estos subgrupos debido a problemas de diversa índole. El método de cálculo ha sido la utilización de las diversas fuentes enunciadas en la bibliografía, junto con un trabajo estadístico basado en técnicas de estimadores robustos y de regresión lineal fundamentalmente. En la Figura 9.15 se ve el perfil de proporcionalidad de estos valores.

Tan importante como establecer criterios de normalidad en adultos es el establecerlos durante el crecimiento.

Las variaciones en la proporcionalidad de los niños, especialmente en etapas como la primera infancia y la adolescencia, ambas con grandes cambios, aceleraciones y deceleraciones del crecimiento y alometrías muy importantes, conviene conocerlas y vigilarlas para el correcto desarrollo. Sobre todo, en la adolescencia, puesto que depende del estadio madurativo. El estudio estadístico del crecimiento, según la edad para un grupo de individuos, atenúa o suaviza los cambios rápidos (Véase la Figura 9.17).

Hay también un problema técnico añadido por la utilización del modelo *Phantom* estándar en individuos en crecimiento. Este modelo supone una desviación estándar para la población que, en el caso de niños, deja de ser cierta. Si los valores de las variables en niños pueden ser muy inferiores a los valores en adultos, hace que en toda la población infantil su desviación estándar sea también inferior. De esta forma, como ya veremos, aplicando el modelo adulto a los niños, con una desviación estándar superior a la que les corresponde, hace que los índices Z tengan un valor mucho más cercano a cero (el valor normal) de lo que realmente les corresponde.

Resumimos en tres puntos los problemas de aplicar a los niños el mismo método de estudio de proporcionalidad que en adultos:

1. Las alometrías del crecimiento dificultan el estudio de la proporcionalidad no permitiendo saber si una diferencia en un índice es debida a una particularidad del sujeto (deportistas profesionales) o algo propio del crecimiento.
2. Las correlaciones de las variables con la edad no son lineales, lo que dificulta en el perfil de proporcionalidad saber si, en el futuro, con el crecimiento del individuo, los índices de proporcionalidad se desplazarán en un sentido u otro.
3. Aplicar el modelo de *Phantom* adulto a niños, cuyos valores de las variables antropométricas son menores, infravalora los índices Z puesto que las desviaciones estándar del *Phantom* adulto son demasiado elevadas.

14.8.3. Modelos desarrollados para facilitar la interpretación de la proporcionalidad. Aplicaciones prácticas

Básicamente son dos los modelos desarrollados en los últimos años para facilitar la interpretación de la proporcionalidad: el ***Método combinado*** del Dr. Nestor Lentini y colaboradores (2004) y el ***Modelo escalable*** presentado por la Dra. M. Dolores Cabañas y colaboradores en el XXVIII Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales (SIBB) (2005) (Véanse capítulos 9.8.1 y 9.8.2).

La no normalización del método combinado plantea el problema de que los resultados obtenidos no serán fácilmente generalizables para otros estudios debido a que tales resultados dependen tanto de la muestra que, utilizando otras muestras, los resultados pueden ser muy diferentes. Esto, unido al hecho de que el referente ya no es el *Phantom* tradicional, sino que ha cambiado a otros valores, imposibilita la reproducibilidad de los resultados a no ser que se tenga la base de datos completa (véase la Figura 9.15).

Los índices con mayor significado físico son $Z_{variable}$ *(i; St)* que estadísticamente representan la variación proporcional que existe entre un individuo *i* y su modelo estándar de referencia o prototipo. Es decir, los valores $Z_{variable}$ *(i; St)* = 0 corresponden a individuos proporcionales con su modelo estándar. Puesto que los prototipos están construidos sobre muestras homogéneas que, por hipótesis, son normales, la interpretación del índice Z como indicador del percentil del individuo dentro de su grupo, tal como mostraba la Figura 9.3, es ahora perfecta.

De esta forma, en el método escalable lo que se representa en el perfil de proporcionalidad son los índices $Z_{variable}$ *(i; St)* y en base a ellos se interpretan y se obtienen resultados específicos en relación al prototipo usado como referencia (Cabañas, Maestre, 2005). Si se desea generalizar los resultados solo es necesario sumar los valores $Z_{variable}$ *(St; Ph)* que están tabulados. En el próximo apartado se ejemplifica esta mecánica.

Existen básicamente tres tipos de **modelos estándar o prototipos** (Cabañas, Maestre, 2005) cada uno dividido por sexo:

1. **Modelos regionales:** son aquellos que muestran las características propias de una zona geográfica que, debido a su genética, clima, dieta y actividad, marca en su población una proporcionalidad característica. Se clasifican por regiones geográficas.
2. **Prototipos deportivos:** corresponden a los valores propios de cada deporte. Así, el prototipo de atleta de halterofilia será muy diferente al prototipo de corredor de fondo. Se clasifican por modalidades deportivas.

3. **Modelos ontogénicos:** corresponden a los cambios en la proporcionalidad debidos a la edad. Se clasifican por edad (véase capítulo 9.8.3, Figura 9.23).

Desde el método escalable se desarrolla el modelo ontogénico cuya mecánica consiste en calcular los índices Z, no en función de un valor constante (como la tabla del *Phantom* tradicional) sino respecto al modelo ontogénico estándar por edad que, en función de la misma, nos proporcione el valor del promedio y desviación estándar de una muestra representativa de individuos para esa misma edad.

El perfil de proporcionalidad del modelo ontogénico permite comparar la variación de cada índice Z conforme cambia la edad del individuo respecto de los valores promedio de la edad correspondiente (véanse Figuras 9.22 y 9.23).

Ventajas: mejor y más fácil interpretación; posibilidad de representar en un solo gráfico la evolución del perfil de proporcionalidad con la edad, el valor para cada índice Z tiene un valor real expresable mediante un percentil y, por último, los índices Z no están artificialmente desplazados hacia el cero como ya se vio que sucedía aplicando el modelo *Phantom* a individuos en crecimiento, determinando su estadio y/o edad madurativa.

Desventajas: se aumenta el número de cálculos. Por un lado, en función de la edad del individuo, en el momento de la medida tendremos que utilizar una tabla u otra del modelo ontogénico.
Por otro lado, si se quieren generalizar los resultados al modelo *Phantom* es necesario realizar las sumas correspondientes a la ecuación (7) de la Figura 9.20.

Existen otras posibilidades de modelos estándar, especialmente aquellos que son combinación de los anteriores. Por ejemplo, **modelos ontogénicos regionales** para determinar el crecimiento de distintos grupos clasificados por zonas geográficas, o los **modelos ontogénicos deportivos.**

Para aplicar estas técnicas, lo primero que debemos hacer es identificar cuál es el modelo ideal que corresponde un sujeto en función de su sexo, edad, etc... De esta forma, una vez conocidos los índices Z de nuestro individuo y de su modelo **ideal,** podremos abordar el estudio de los métodos para llegar a este ideal.

De este estudio surgirán los ejercicios específicos adecuados, que en la población normal nos permitirá **determinar qué ejercicios y cuántas horas son las adecuadas para mantener una buena calidad de vida, así como la detección de talentos deportivos, la correcta elección de entrenamientos que mejoren el gesto deportivo, minimizando el riesgo de lesiones, y las dietas más indicadas en su caso.**

El abandono de la dieta y/o la práctica de algún deporte de forma constante es la inadecuación física para seguirlos regularmente. Está claro que el estudio de la proporcionalidad (junto con otro tipo de estudios como los análisis bioquímicos) indicará qué ejercicios son los más adecuados y las dietas que mejores resultados pueden dar, **con un esfuerzo menor para el individuo.**

De esta forma podemos alcanzar más fácilmente los objetivos marcados, como es **la prevención de diversas enfermedades físicas tanto cardiovasculares, respiratorias, estrés, como problemas sexuales, psicológicos, ya sean depresiones, complejos** u obsesiones con la autoestima.

Formas para conocer el estadio físico madurativo de un niño

1. Por la dentición.
2. Por los caracteres sexuales de la pubertad, más conocidos como estadios de Tanner.
3. Desde la antropometría general existen también varias formas de determinar el estadio madurativo. Esto es debido a las **alometrías.** Es decir, a las distintas velocidades de crecimiento para cada parte del cuerpo (véase el capítulo 9, apartado 9.9.3).

Algunos científicos han supuesto la existencia de un **IMC umbral,** alrededor de 19,15 para que se desencadene el proceso de la menarquia.

14.9. Ontogenia humana

Desde el momento de la fecundación (etapa prenatal y postnatal) hasta la muerte se producen unos cambios morfofisiológicos continuos y evolutivos a lo largo de toda la vida pero, una vez alcanzada la madurez, el individuo entra en una etapa involutiva hasta su fallecimiento Este devenir biológico es el **proceso ontogénico humano,** para cuya comprensión y análisis es conveniente aclarar una serie de términos y conceptos fundamentales como son: **el crecimiento,** por su carácter **cuantitativo;** utilizamos como indicadores la talla en cm/año o el peso en kg/año entre otros, y **el desarrollo,** refiriéndose a aspectos **cualitativos,** recurriendo a parámetros que muestran, de modo indirecto, la capacidad morfofuncional alcanzada por los distintos órganos y sistemas. De este modo, características tales como la fuerza muscular, la capacidad vital, la erupción de las piezas dentarias, de los caracteres sexuales secundarios o de la menarquia, entre otros, nos van a servir como **indicadores del grado de madurez o nivel de desarrollo alcanzado en un momento concreto.**

El crecimiento humano es un fenómeno lento que constituye un paradigma de paidomorfismo. Durante el mismo se produce un aumento lineal y volumétrico del individuo, que se acompaña de una maduración de órganos y sistemas. Como indicamos anteriormente, la maduración implica la plena adquisición de la completa funcionalidad biológica, y mientras el aparato respiratorio, por ejemplo, "madura" en el momento del nacimiento, otros sistemas orgánicos como el reproductor son mucho más lentos.

Según la clásica definición de Scammon en 1930, se pueden establecer cuatro tipos básicos de curvas que sirven para ilustrar la mencionada disincronía del crecimiento y desarrollo (véase capítulo 10.A).

Las diferencias sexuales son ya perceptibles al nacimiento, no solo en lo que se refiere al tamaño total -los niños pesan más y presentan mayores dimensiones longitudinales y perímetros- sino a la propia composición corporal (CC). Para su peso, los niños tienen más contenido proteico que las niñas, mientras estas poseen una mayor adiposidad.

Durante la **primera infancia** la ganancia de peso es igualmente notable, pues cuadriplica su valor a los 24 meses. La velocidad con que se incrementa la talla total es notablemente mayor que la de la talla sentado, lo que responde al crecimiento más rápido de las piernas. Las modificaciones en la CC son también acusadas. Mientras el agua disminuye progresivamente, la concentración de proteínas aumenta y el esqueleto comienza a calcificarse a partir del quinto mes, de forma que al final del primer año ya son visibles por radiografía tres puntos de osificación en el carpo: epífisis distal del radio, hueso grande y hueso ganchoso (Hernández, 1977), junto a la erupción del primer diente.

En la **segunda infancia** la estatura se incrementa entre 6 y 8 cm de media anual y la ganancia ponderal es de aproximadamente dos kilos, con un mayor crecimiento relativo de las piernas en relación al tronco y menor porcentaje graso (véase la Figura 10.A.2).

La **tercera infancia,** comienza con una pequeña aceleración del crecimiento longitudinal conocida como *midgrowth sport,* a la que sigue una fase en la que se aumenta el peso y la talla de forma lenta y regular. Las niñas tienen un tronco más rectangular, si se compara con el más trapezoidal de los varones.

La pubertad es un periodo intenso de cambios somatofisiológicos, que se manifiestan muy claramente en la estatura y en otras dimensiones corporales. Pero al mismo tiempo que se aumenta de tamaño, la CC se modifica, el sistema reproductor madura y aparecen los caracteres sexuales secundarios. Los andrógenos, junto a la testosterona de mayor poder virilizante, formados en el testículo, favorecen el anabolismo y las proteínas, traduciéndose en un aumento de la masa muscular, más importante en los varones. Los estrógenos, a su vez, tienen una marcada influencia sobre el desarrollo del tejido adiposo subcutáneo.

La hormona del crecimiento (GH) es responsable del desarrollo y maduración del sistema esquelético, tanto en lo que respecta a la aceleración del crecimiento lineal, como al cierre epifisario por osificación del cartílago (Ramos Rodríguez, 1986; Martha y cols., 1992). El proceso de paulatina deshidratación se acelera en la pubertad, continuando de forma progresiva y especialmente marcada en el sexo femenino. Por otro lado, en los varones, el porcentaje de grasa, como puede apreciarse en la Figura 10.A.3, disminuye desde los 12 o 13 años en adelante, como respuesta a la brusca ganancia neta en peso muscular y esquelético, en comparación con el pequeño incremento de tejido adiposo.

En las niñas, por el contrario, el porcentaje graso aumenta marcadamente a partir de los 11 o 12 años, preparándose así el organismo femenino para la maduración sexual. Autores como Frisch, en 1984, estimaron que el tejido graso experimenta un aumento entre 5 y 11 kg durante la fase del "estirón" que precede a la primera menstruación. Para que esta se produzca es necesario que la joven cuente aproximadamente con un 17% de grasa y, además, las niñas con pubertad precoz presentan, a igual edad cronológica, un porcentaje graso superior a aquellas con menarquia tardía (Marrodán, 1983; Benso y cols., 1986). Por el contrario, en aquellos deportes como la gimnasia rítmica y la danza, que requieren bajo peso y, para ello, una reducción de la dieta (Pacheco y cols., 1991; Beunen y cols., 1998; Prado y cols., 2003) la respuesta sería un retraso en la maduración y aparición de la menarquia. Por otra parte, mientras a los 17 años, en una chica normal, un 25% de su peso total puede ser imputado al componente adiposo, en un varón de su misma edad tan solo el 15% correspondería a masa grasa, como se ha observado en diferentes estudios poblacionales (González-Montero, 2003). En las niñas, se produce la manifestación de los denominados caracteres sexuales secundarios aproximadamente dos años más precoz que en los varones.

Basándose particularmente en el aspecto externo de los genitales, la cantidad y distribución del vello púbico y el desarrollo mamario, (Tanner, 1975) definió una serie de estadios de maduración en intervalo de 1 (prepuberal incipiente) a 5 (adulto), para cuya asignación numérica exacta puede recurrirse a una escala fotoscópica, reportada actualmente por Prado y cols., 2005.

Es muy probable que los factores hereditarios tengan un importante papel en la determinación de la actividad hipofisaria, que a su vez depende del hipotálamo y que va a poner en marcha la crisis puberal. Pero sin duda, otras estructuras extrahipotalámicas, así como las condiciones emocionales y mesambientales -en particular la nutrición y el estado de salud- pueden ejercer su papel adelantando o retrasando el despegue de la pubertad (Prado y cols., 2002).

14.9.1. Valoración del crecimiento y el estado nutricional

Los denominados **estándares de crecimiento** constituyen una referencia para el contraste y posterior diagnosis del estado o nivel de crecimiento del individuo o colectivo que se pretende evaluar. Estos estándares definen la variabilidad normal de las variables cuantitativas mediante su distribución percentilar, que habitualmente se expresa en forma de gráficas y tablas.

Se elaboran a partir de estudios de crecimiento de tipo semi o longitudinal y efectivos muestrales numerosos que sean representativos de la estructura y composición de la población general. En términos generales es un buen método, aunque presupone que la distribución de las variables es estadísticamente normal, aspecto que no siempre se verifica. Además, puede ocurrir que el significado clínico de la ubicación percentilar varíe discretamente, según la edad del sujeto o la medida de que se trate. Para minimizar tales barreras y hacer aún más efectivo el diagnóstico, se aplica un procedimiento basado en las denominadas **puntuaciones Z** (véase capítulo 10.B). **La relación estadística entre los rangos percentilares y las desviaciones estándar permite establecer una equivalencia entre ambos y crear cinco categorías antropométricas, a partir de las puntuaciones Z,** cuyos límites inferior y superior de normalidad son el percentil 5 y 95 respectivamente (Tablas 10.B.1 y 10.B.2). Por otra parte, tanto el perímetro del brazo como los pliegues adiposos, proporcionan información fundamental acerca de los componentes del peso, indicando la contribución relativa del tejido muscular y adiposo.

El análisis de la robusticidad y la relación entre los componentes magro y graso del organismo permiten diagnosticar, con mayor precisión, tanto las alteraciones debidas a la malnutrición, asociadas al déficit ponderal, como el sobrepeso y la obesidad.

Las referencias mencionadas del **IMC** son claramente útiles cuando se trata de llevar a cabo estudios comparativos sobre la prevalencia del sobrepeso o la obesidad, entre diversas poblaciones. También es posible recurrir al empleo de patrones que muestren la variabilidad normal y distribución percentilar del IMC con la edad. Como referencia nacional se han venido utilizando los elaborados por Hernández y su equipo (Hernández y cols., 1998) a partir de una muestra de la provincia de Bilbao. Estos patrones, elaborados a partir de un estudio de tipo semilongitudinal, han sido actualizados y reeditados bajo el mismo patrocinio de la Fundación Orbegozo (Sobradillo y cols., 2004)). Disponen, como en la edición anterior, de

información relativa a talla, peso, IMC y pliegues grasos tricipital y subescapular para niños y niñas, desde el nacimiento hasta los 18 años. Más recientemente se han publicado cifras de referencia a partir de un estudio transversal en población española procedente de Andalucía, Barcelona, Bilbao y Zaragoza, y que refleja la variación normal de la talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la fase adulta (Carrascosa y cols., 2008).

Como normas internacionales han sido muy utilizados los correspondientes a población norteamericana (Frisancho y cols., 1990). Desde 2004 se cuenta con nuevos estándares de la OMS para niños y niñas menores de cinco años (Onís y cols., 2004), y desde 2007 para escolares y adolescentes hasta los 19 años (Onís y cols., 2007). (Véase Tabla 10.B.6).

Hoy por hoy, no existe consenso a la hora de establecer qué referencias y puntos de corte de IMC son los idóneos para establecer las distintas categorías de insuficiencia ponderal, sobrepeso u obesidad en la población infantil y adolescente.

Existen diversos estándares elaborados tanto a partir de series nacionales como internacionales, que se utilizan con este propósito, como los publicados por Must y cols., en 1991, que fueron recomendados en su momento por la OMS. Más recientes son los elaborados por Cole y cols., en el año 2000, cuyo empleo proponen comités de expertos como el *International Obesity Task Force* (IOTF). Estos últimos proveen tablas basadas en datos recabados internacionalmente con la participación de seis países y una muestra de más de 180.000 varones y mujeres entre 2 y 25 años. Las cifras que aportan sirven para clasificar el sobrepeso y la obesidad a partir de valores de IMC equiparables a las cifras diagnósticas de 25 kg/m^2 y 30 kg/m^2 para adultos (Tabla 10.B.5). En el año 2007 Cole y cols., y el mismo equipo publica las referencias para la clasificación de la malnutrición por defecto.

Para los estudios epidemiológicos o poblacionales y para el diagnóstico clínico en la edad pediátrica, resulta más eficaz el análisis de las variables que directamente nos informan de la CC. Los estándares elaborados recientemente por nuestro equipo (Marrodán y cols., 2006) están confeccionados a partir de una amplísima muestra (N = 7228) representativa de la población general española, y ofrecen normas de distribución percentilar para el porcentaje de grasa (Tablas 10.B.8 y 10.B.9).

Los distintos **estimadores antropométricos de la distribución de la adiposidad, han puesto de relieve que cocientes entre perímetros** -como el índice cintura/cadera y cintura/muslo- **resultan más útiles.** El primero de ellos refleja si el patrón tiende a ser androide o ginoide, mientras que el segundo expresa la relación entre la grasa troncal y la periférica. **En niños y adolescentes se relacionan con factores de riesgo en la edad adulta, sobre todo con patologías asociadas al llamado síndrome metabólico: dislipidemias, diabetes e hipertensión,** principalmente.

El índice de conicidad, evalúa la adiposidad abdominal y cuantifica la desviación respecto a un cilindro imaginario que se obtiene a partir del peso y la talla del individuo. Las cifras, en adultos, que limitan la normalidad son 1 y 1,73, considerándose patológicos los valores que están fuera de este intervalo.

Uno de los efectos secundarios que produce el SIDA, sobre todo en niños, es el retraso del crecimiento, proporcional a la pérdida tanto de masa grasa como de magra, y la incapacidad para recuperar la composición corporal previa, evaluándose por medio de los pliegues cutáneos y su correspondiente porcentaje graso, utilizándose diferentes ecuaciones según los diversos autores, sin llegar a un consenso en este sentido.

La importancia de las variables cineantropométricas radica en que en los niños que se han infectado por el virus en la etapa perinatal, en ausencia de procesos infecciosos, no aumentan el metabolismo catabólico, y con una dieta adecuada mantiene el ritmo de crecimiento de los niños para su edad y sexo. En niños existe una relación inversa entre la masa magra y la concentración plasmática de ARN viral, carga viral y velocidad de crecimiento anual.

Existe una diferencia de género en los pacientes prepuberales infectados, ya que en aquellos que mantienen un ritmo de crecimiento normal, hay pérdida de masa magra en varones, pero no en mujeres (véase capítulo 12.2.11).

14.9.2. Variación de composición corporal en la mujer

Un contenido graso correspondiente al 25% supone un estado patológico en los varones, sin embargo, es el nivel óptimo constitutivo de la mujer (Tabla 10.C.1).

De los compartimentos del organismo (óseo, magro, graso además del agua) el componente graso es el de más compleja evaluación y se admite que un 80% es de tejido adiposo y un 20% sería atribuible a tejido intersticial, conectivo y vasos sanguíneos. La densidad de la masa grasa es, por el contrario, bastante constante (0,9 g/ml) siendo la masa libre de grasa mucho más variable; en ella el componente muscular tiene una densidad de 1,064 g/ml (Martín Peña, 1994). El agua es variable, siendo apreciable el descenso hídrico ligado a la edad y un marcado dimorfismo sexual.

Mediante estudios de absorciometría de doble fotón se ha demostrado que las mujeres posmenopáusicas sufren un aumento en la proporción de grasa en el tronco o de tipo androide y del cociente grasa del tronco/grasa de las extremidades inferiores, sin que se produzca un aumento significativo de la masa grasa corporal total. La masa magra (tejido no graso) disminuye significativamente con los años transcurridos desde la menopausia, entre 49 y 60 años de edad. La talla y la masa muscular del tronco, piernas y corporal total, son inferiores en las mujeres menopáusicas que en las premenopáusicas, mientras que la masa muscular bilateral de los brazos no difiere en ambos grupos.

En las mujeres menopáusicas, entre los 49 y 65 años, existe una correlación negativa significativa entre edad por un lado y densidad mineral ósea corporal y densidad mineral vertebral por otro. La pérdida de tejido óseo se estima en aproximadamente un 0,33 y un 0,7% por año, respectivamente. La masa de tejido adiposo tiene una correlación positiva significativa con la edad, sobre todo en los años inmediatamente posteriores al cese de las menstruaciones (Cantó, 2000). También existe una correlación significativa entre masa corporal total y densidad mineral regional, por el contrario, la correlación entre masa de tejido adiposo y las diferentes medidas de densidad mineral ósea son negativas. En esta fase de la mujer la masa magra se relaciona menos con la masa ósea.

La leptina (producto del gen Ob, cuya situación está dentro del cromosoma 7q32.1), es una hormona secretada por el tejido adiposo que se relaciona positivamente con el tejido graso subcutáneo, estando regulada por el contenido graso de los adipocitos. En las mujeres obesas sus niveles plasmáticos son tres veces superiores a las mujeres de peso normal y se aprecia una correlación significativa con el índice cintura/cadera, insulina, glucemia y colesterol, sin embargo, esta desaparece con la edad, talla o tensión arterial, consumo de alcohol o de tabaco. Tras la pérdida de una media de 8 kg (9%) la leptina se reduce un 22%, la grasa corporal baja un 16%, la grasa abdominal subcutánea un 17% y la grasa visceral un 18%. La concentración de leptina por kg de grasa corporal no se modifica significativamente durante el adelgazamiento. La insulina es adipogénica, aumenta la masa grasa corporal y estimula la producción y secreción de leptina que actúa a nivel central para reducir el consumo de comida y aumentar el gasto de energía.

La concentración de leptina es proporcional a los pliegues cutáneos subescapular y de tríceps (pero no al cociente subescapular/tríceps), diámetros de cintura, cadera, y al cociente cintura/cadera, por tanto, más relacionado con el depósito de tejido adiposo que con su distribución regional.

La orexina es una hormona cerebral que provoca hambre y favorece la gula (Wildhalm, 1999 y Brozek, 1963). Al parecer, existen dos variedades producidas en las neuronas del hipotálamo, y su contenido cerebral se modifica por la alimentación. Si se confirman estos hallazgos, en el futuro se podrán diseñar fármacos para regular el peso corporal.

Los tres riesgos asociados a la merma en la calidad de vida y la salud se producen, en su totalidad, por situaciones no directamente dimanadas del ejercicio o la actividad física en sí, sino porque en alguno de los casos se asocian a hábitos paralelos a esta práctica, como son:

1. Desórdenes alimentarios (dietas agresivas, anorexia o bulimia, junto al abuso de diuréticos, laxantes y purgantes).
2. Amenorreas.
3. Osteoporosis (véase capítulo 10.C).

El tejido adiposo produce citocinas y angiotensina de manera importante, siendo el doble con respecto a la grasa visceral sobre otras zonas grasas, lo que en parte podría explicar las elevaciones de tensión arterial en distribuciones grasas centrales (Bouchrad, 1993). En mujeres premenopáusicas cuya grasa visceral se ha medido por tomografía axial, esta se muestra relacionada con los marcadores del síndrome de resistencia a la insulina.

Metabolismo y capacidad funcional están en parte condicionados, como someramente se ha enunciado, por la reserva grasa del individuo.

Desde el punto de vista epidemiológico se deben potenciar el empleo de marcadores y técnicas antropométricas para la estimación de grasa, así como de su distribución (pliegues cutáneos, perímetro cintura/cadera), en el estudio de incidencia de situaciones de malnutrición, tanto por exceso como por defecto, en grupos y poblaciones.

Recientes estudios muestran cómo el momento del ciclo menstrual en el que se realice la medición es, en sí mismo, un motivo de variación y divergencia; la mejor conductividad del agua y su variación por la acción estrogénica explican estos resultados (Tabla 10.C.2). Existen diversos estudios donde se evaluaron la CC por BIA y pliegues cutáneos (tricipital, bicipital, escapular y suprailiaco). La mejor conductividad del agua y su variación por la acción estrogénica explican estos resultados de mala correlación, no registrados por la medición de pliegues. Por otra parte, la mejor correlación entre los dos métodos de determinación de la CC se produce en fase postovulatoria tanto en cuanto a estimación de kilos de grasa como en su proporción sobre el peso total del individuo (Tabla 10.C.3).

14.9.3. La cineantropometría de los mayores

Durante el año 2002 se contabilizaron en el mundo 629 millones de habitantes con más de 60 años, produciendo una gran preocupación social debida el fenómeno del **envejecimiento poblacional.** Esto conlleva un aumento tanto de la sobrecarga social como de la sanitaria, destacando entre otras la gran preocupación que supone el aumento de ciertas enfermedades como, por ejemplo, la enfermedad de Alzheimer.

En este contexto es necesario el conocimiento antropológico de esta población en concreto, destacando el papel que representa en el ámbito de la cineantropometría, sobre la base de la interpretación de los fenómenos fisiológicos subyacentes (Shephard, 1998 y 1987; Comfort, 1979).

Comenzaremos a valorar a las personas mayores sabiendo que es una labor compleja por sus características específicas. Los profesionales y estudiosos que trabajan con población mayor disponen de instrumentos de valoración, pero demandan habitualmente una guía que facilite y homogeneice su trabajo. En el capítulo 10.D se presentan una serie de consideraciones e instrumentos de exploración para una valoración gerontológica integral, además de una historia clínica completa centrada en los aspectos que tienen relación con la profesión o actividad realizada; asimismo incluye cuestiones más concretas.

Las áreas funcionales se valoran tanto desde el punto de vista funcional, cognitivo y analítico, como desde la perspectiva de la nutrición y de la alimentación.

Para comenzar es necesario analizar la clasificación por la edad (Phyllis y Cols., 1979) y grupos de edad; para luego seguir con el análisis de salud general y física con instrumentos como OARS (Dirham, 1978).

Es tan importante calcular el **espacio biológico consumido como calcular la edad cronológica en edad decimal** (Phyllis y Cols., 1979). Esto permite clasificar con exactitud en la escala de edades en milésimas, quedando las dos o tres cifras últimas del año como enteros.

En cuanto al consumo máximo de oxígeno, fuerza muscular y flexibilidad, un individuo de 65 años bien preservado puede tener un rendimiento similar al de un individuo sedentario de 25 años. Siempre que se evalúe en el ámbito médico-deportivo y se recomiende un programa de ejercicio adecuado, cuyas decisiones deben basarse en la edad biológica más que en la edad cronológica.

Por todo lo anteriormente expuesto, se deduce que el análisis y valoración de los "ancianos" en general tiene que ser global y multidisciplinar. La cineantropometría es utilizada en muchos campos, como en la nutrición (Herrera, 2003) y la nutrición deportiva entre otros, pero en gerontología tiene un papel fundamental, ayudando a resolver problemas, mejorar la salud y el rendimiento tanto físico como psicológico en las personas mayores (Valle y cols., 2005).

La elección de las áreas a estudiar depende de los objetivos del profesional, si la cineantropometría relaciona estructura y función, estas se encuentran asociadas a tejidos anatómicos específicos:

- Masa muscular (MM) con fuerza, potencia, velocidad, estado nutricional.
- Masa grasa (MG) con balance energético (nutrición), menor rendimiento físico.
- Masa ósea (MO) con factores biomecánicos que afectan a capacidades físicas y estructurales.
- Peso residual con la deshidratación.

Valoraciones cineantropométricas específicas en los mayores

Considerándose el modelo de fraccionamiento del peso corporal en cuatro componentes, las variables de CC como pliegues grasos, densidad, porcentaje de grasa, peso magro, índice adiposo/muscular, son indicadores específicos de endomorfia analizada, generalmente, por los pliegues tricipital y subescapular; o de mesomorfia analizada con el perímetro del brazo.

En la población objeto de análisis se recomienda hacer un subgrupo con variables del brazo como medidas estables, otro con las troncales consideradas más indicadoras de grasa general, así como un tercer grupo con la pantorrilla, tal y como aconseja la OMS para personas mayores (véase Tabla 10.D.3).

Para la densidad grasa se siguen las fórmulas de Durnin y Womersley: (Durnin, 1974) donde se recogen los cuatro pliegues clásicos, pero en los mayores se debería añadir el pliegue abdominal, o los más estables del muslo frontal y pantorrilla como mejores predictores de la MG, evitando pliegues que generen mayor variabilidad, como el bicipital.

1. **Para la valoración del porcentaje de grasa** se secunda a autores como Brozek y cols., 1993 y Syri, 1961. El exceso de panículo adiposo en la zona del tronco se asocia más en los mayores con la diabetes, arteriosclerosis y las enfermedades coronarias (Ferro-Luzzi, 1962). El acúmulo de grasa troncal supone más aterogenicidad y tiene gran influencia sobre la grasa visceral (SEDDO, 2007). En general, se está considerando esta composición como un buen indicador de obesidad en el anciano en comparación con el IMC (Álvarez, 2001). La valoración de peso graso, según porcentaje graso, se hace más interesante por el índice adiposo-muscular; **IAM** = peso graso/peso magro (Véase capítulo 10.D).

2. **Para la valoración del tejido óseo** se consideran los diámetros que mayor correlación tienen con la MT del esqueleto, como son los diámetros de muñeca y húmero puesto que son mejores indicadores que el femoral o el biacromial. La estimación antropométrica de la MO nos sirve para su aplicación en grupos de personas sin patologías como la osteoporosis.
   Se considera que cuanto mayor es la proporción de MM en relación a la ósea, mayor potencia se podrá aplicar en trasladar el cuerpo en el espacio.

El *Síndrome de Williams,* trastorno relacionado con el metabolismo de calcio está íntimamente ligado al porcentaje de grasa y de masa grasa.

La valoración somática y morfológica

La realizaremos considerando las variables de tamaño, de CC y de forma.

1. **Variables de tamaño,** como son la talla, talla sentado, peso, longitud del brazo y transversales diámetros, circunferencias (Tablas 10.D.1 y 10.D.2). La variabilidad de peso y talla ha llevado a los gerontólogos a valorar fórmulas que impliquen a diferentes variables, como el IMC o el ICCad, que pueden ser mejores indicadores del tamaño real en esta edad.
2. **Variables de forma** más usadas.
   - **El IMC.** Nos indica la forma y nos sirve de referencia para valorar estados nutricionales y riesgos mórbidos como el cardiovascular o la obesidad. Es un valor relativo en las personas mayores, de-

bido al descenso de estatura, por lo que se han requerido correcciones continuas en los rangos de normalidad de estas personas, siendo los más usados:

› SEEDO (2007), Garrow (1985), y Fricker (1996).
› OMS, que considera delgadez un IMC menor de 18,5 kg/m^2; bajopeso < 24; normopeso entre 24-29,9 kg/m^2 y sobrepeso-obesidad > 30 kg/m^2, para los mayores.

Quedarían dos cortes del IMC para los mayores, claramente internacionalizados, que serían: **menor de 18,5** kg/m^2 **para delgadez,** y **mayor de 30** kg/m^2 **para obesidad;** siendo imprecisos para esta edad los cortes de normalidad y bajo peso, por lo que **se deben seguir los criterios recomendados por la OMS** (Tabla 10.D.4).

- **El ICCad.** Además de ser un buen indicador de la obesidad central y de predecir o calibrar el aumento del riesgo cardiovascular, nos permite diferenciar si se trata de una acumulación perivisceral o subcutánea (Pedreira y cols., 2003). (Véase Tabla 10.D.4 y apartado 14.7 de este mismo capítulo).
- **El ICC** es uno de los indicadores más potentes de las dislipemias, y además es proporcional a las concentraciones plasmáticas de VLDL, triglicéridos, glucosa, insulina y ácido úrico; e inversamente proporcional a los niveles de HDL.

Los morfotipos con una alta endomorfia y mesomorfia son más susceptibles de sufrir patologías cardiovasculares.

Valoración funcional

Se realiza en relación a variables que nos pueden indicar, tanto función normal como patologías instauradas en los mayores. Mencionaremos **la fuerza, la capacidad vital, tensión arterial sistólica y diastólica, y capacidades funcionales.**

Sirve para objetivar las modificaciones fisiológicas sufridas en el esfuerzo, conocer la adaptación de su organismo al ejercicio o actividad física, determinando la aptitud para practicarlo. Se complementará con **tests de ergometría y analíticas sanguíneas** en las que se debe tener en cuenta tanto el sexo como la edad, menos estudiada en la población mayor.

Una vez se ha recogido la muestra, se debe analizar con aparatos homologados, que en nuestro caso fue un analizador CULTER (véase capítulo 10.D).

Se recomiendan las valoraciones de parámetros como: **hemograma, iones, para valorar la función renal, hepática y nutricional, así como el RAC** (riesgo aterogénico de colesterol) (véase capítulo12).

La fisiología y funcionabilidad la analizamos mediante **el consumo energético (consumo de oxígeno máximo** que disminuye alrededor de 5 ml/kg/min por década, desde los 25 a los 65 años de edad).

Las causas de la pérdida de potencia aeróbica relacionadas con el envejecimiento están influidas por la reducción de oxígeno arteriovenoso, el volumen del latido cardiaco y la frecuencia cardiaca máxima. En muchos ancianos disminuye alrededor de los 80 años de edad, pudiendo incrementarse la pérdida de función por un periodo de reposo debido a alguna enfermedad. El volumen latido durante el ejercicio puede ser mayor que en un adulto joven, en cambio, la persona mayor tiene dificultad en mantener el volumen latido a medida que se aproxima al esfuerzo máximo.

La fuerza: la fuerza muscular se estabiliza a los 35 o 40 años, y muestra una reducción acelerada, con una pérdida del 25% de la fuerza a la edad de 65 años.

La flexibilidad: la elasticidad de los tendones, ligamentos y cápsulas articulares se reduce a medida que se desarrollan uniones cruzadas adyacentes a las fibras de colágeno.

La cinesiología articular medida mediante un goniómetro.

La exploración de reflejos tendinosos: *bicipital, tricipital y rotulito entre otros.*

Valoración de patologías

- **La obesidad**

Entre todas las definiciones que existen de la obesidad mencionaremos una que ha sido poco concretada en el presente libro y se define como: *un exceso de grasa corporal, que se asocia con enfermedades y riesgos para la salud.* El mayor riesgo no reside tanto en la cantidad de grasa acumulada como en su distribución.

La obesidad abdominal (central o visceral) es la más peligrosa por su papel en el síndrome metabólico, que consiste en presentar, además de la obesidad abdominal, otros síntomas del llamado *cuarteto mortal* (hipertensión arterial, resistencia a la insulina o glucosa basal elevada y dislipemia) (Kaplan, 1989)).

La otra definición, por ser la mas divulgada es la que se refiere a un IMC superior a 30 kg/m^2 para los adultos. La SEEDO estableció en el año 2000 una clasificación del sobrepeso en dos categorías y de la obesidad en cuatro, con el objetivo de añadir precisión al diagnóstico de cara a una posible intervención terapéutica (véase Tabla 10.B.4).

La OMS calificó el problema de la obesidad de epidémico, con el fin de prevenirla ya que es un problema que afecta al 14% de la población española, y su elevada prevalencia tiene su origen en factores de naturaleza diversa, pero los más importantes se relacionan con el cambio en el estilo de vida de las sociedades desarrolladas.

De ahí la importancia de su estudio y valoración en la población, con el fin de diseñar las campañas preventivas mas adecuadas en cada caso. Las últimas variaciones de esta consideración ya no son de forma, sino de puntos de corte para los diferentes subgrupos de población, independientemente del interés de contrastar con otros índices de forma como el ICCad. y el de la CC, como porcentaje de grasa de Bray (1972).

- **El factor pronóstico que mejor determinará la incidencia de DMNID es el perímetro de cintura:** aquellos individuos situados en los cuartiles más altos tienen once veces más probabilidad de sufrir la enfermedad que los situados en los cuartiles más bajos.

También es muy importante la distribución local de tejido subcutáneo en forma individualizada (tríceps y subescapular) y el cociente de pliegues grasos subescapular/tríceps, como factores pronósticos positivos de la incidencia de DMNID, independientemente de la edad y el sexo; mientras que los perímetros de cintura y cadera, y el WHR lo serían de la morbilidad y la mortalidad de DMNID, per se, indiferentemente del resto.

Un control adecuado del peso está íntimamente ligado a la esperanza de vida en la DMNID. En los pacientes con DMNID últimamente se preconiza el uso del porcentaje de grasa para delimitar la obesidad, y en función de estos resultados, realizar el control de la nutrición y/o instaurar un tratamiento con antidiabéticos orales (véase capítulo 12.2.3).

Los enfermos de diabetes mellitus insulinodependiente (DMID) tienen un morfotipo característico basado en un cociente cintura/cadera y valor de masa grasa bajos en hombres y altos niveles de masa magra en mujeres, sin que exista relación entre la CC de estos enfermos y la ingesta de macronutrientes en su dieta.

Un aumento del riesgo de muerte por cirrosis hepática en la obesidad tipo II, tiene una correspondencia directa y de gran importancia con las variables cineantropométricas de pliegues cutáneos subescapular y tríceps que, paradójicamente, no ocurre con la obesidad tipo IV; además de vincularse con la esteatosis hepática y con cierta resistencia a la acción de la insulina.

- **La hipertensión arterial**

Considerada como el aumento de la presión o tensión arterial, por encima de 140/90 mmHg, según la OMS (1978). El riesgo latente de hipertensión en el rango entre 140 y 190 mmHg suele estar relacionado con la función renal alterada. Se considera que la hipertensión sistólica es propia del envejecimiento y que la hipertensión diastólica está relacionada con la menopausia. Por otra parte, se ha encontrado la relación entre la hipertensión y la obesidad en personas que presentan un IMC mayor de 23 kg/m^2.

El aumento de peso se ha relacionado con la angina de pecho y la cardiopatía isquémica en mujeres (un incremento >10 kg de peso aumenta el riesgo frente a aquellas mujeres que engordan < 3 kg), mientras que su variación cíclica favorece la hipertensión y la mortalidad por insuficiencia cardiaca. Los individuos hipertensos se benefician de la pérdida de peso si este es excesivo, así como el control de la obesidad reduce el riesgo de hipertensión.

- **Las dislipemias**
  La mortalidad disminuye a partir de los 55 años, con el aumento proporcional del HDL-colesterol, por lo que se aconseja relacionar ambas variables en el RAC. La litiasis biliar, cuya base son el barro biliar y la colesterolosis, está directamente relacionada con el cociente de pliegues cutáneos del tronco subescapular/tríceps en mujeres, pero no en hombres.
  El riesgo aterogénico del colesterol (RAC) (Ley Pozo y cols., 1994) o Índice de Castelli (1978) RAC=(HDL-colesterol/COLEST. TOTAL)*100 aumentado si es mayor de 5, se manifiestan especialmente en la obesidad central junto a valores del IMC superiores a 30, mayor diámetro antero-posterior de tórax y al incremento del ICC (Pedreira y cols., 2003), son asociados al aumento del riesgo de padecer enfermedad coronaria y vascular periférica.
  El *diámetro de cintura y la masa grasa* considerada tanto en su conjunto como en su distribución regional, los factores pronósticos de la morbilidad y mortalidad cardiovascular en ambos sexos, por otra parte, los pliegues cutáneos, independientemente de su localización, son directamente proporcionales a la patología cardiovascular, de tal forma que los niveles protectores se sitúan en medidas inferiores a los 12 mm en hombres y a los 15 mm en mujeres. Aun así, también hay que tener en cuenta la distribución regional, ya que, de los pliegues de tronco, el subescapular es el que tiene mayor potencia de asociación y está relacionado con la morbilidad y la mortalidad de la hipertensión, cardiopatía isquémica y angina de pecho y, específicamente, el *pliegue abdominal,* como indicador de riesgo cardiovascular.
  Los pliegues de extremidades (bíceps, tríceps, muslo) tienen relación con la mortalidad cardiaca en hombres de mediana edad, no estadísticamente significativa pero sí importante desde el punto de vista clínico, siguiendo una distribución en forma de U. *El pliegue de tríceps exclusivamente tiene relación también con la hipertensión,* con una potencia similar a factores tan involucrados en la patología hipertensiva como la edad, frecuencia cardiaca, ingesta de alcohol o antecedentes familiares de patología cardiovascular.
  Todos los pliegues, tronco (subescapular y abdominal) y extremidades (tríceps y bíceps), así como la suma de todos ellos o de tronco solamente, y el porcentaje graso, son variables cineantropométricas precoces, directamente proporcionales a la *cardiopatía isquémica;* entre todos ellos el único que tiene significación estadística es el pliegue subescapular, aunque el de bíceps y la suma de los pliegues de bíceps y de extremidades, y estos más los de tronco, se aproximan tanto que son igual de importantes desde el punto de vista clínico.
  El infarto agudo de miocardio (IAM) está relacionado con el pliegue subescapular y el cociente de pliegues subescapular/tríceps en ambos sexos, y con el diámetro de cintura y cociente cintura/cadera en varones desde la edad media en adelante. Exclusivamente en mujeres el cociente de pliegues subescapular/tríceps es el que tiene una relación directa independiente con la cardiopatía isquémica y la mortalidad de etiopatogenia cardiovascular. **La mortalidad por patología cardiovascular, así como la miocardiopatía hipertrófica, tienen una única variable cineantropométrica pronóstica, estadísticamente significativa en individuos varones jóvenes y de mediana edad, tanto fumadores como no fumadores, que es el diámetro antero-posterior de tórax.**
  El diámetro de cintura y el cociente cintura/cadera es proporcionalmente directo a la hipertensión arterial (marcador muy potente), a la miocardiopatía hipertrófica, junto a las alteraciones del ECG (aumento de la distancia QT) y a un aumento de la densidad sanguínea y disminución de la capacidad fibrinolítica del organismo, además de ser un factor pronóstico de la morbilidad y mortalidad de la cardiopatía isquémica y del accidente cerebrovascular, especialmente en individuos menores de 70 años, independientemente del grado de obesidad. El cociente diámetro antero-posterior/perímetro de muslo se ha descrito como factor estadísticamente significativo de la incidencia de cardiopatía isquémica en ambos sexos, y con la muerte súbita en varones, siendo mayor esta relación entre la mortalidad y el cociente descrito.

Respuesta al ejercicio sistemático

Los **entrenamientos aeróbicos** apropiados y progresivos pueden aumentar la potencia aeróbica de los sujetos de 65 años de edad en 10 ml/kg/min si se efectúan durante un periodo de tres meses o más, reduciendo la edad biológica, previendo la discapacidad, mejorando su calidad de vida, especialmente por mejorar el sistema de transporte de oxígeno. Los patrones de actividad física a finales de la mediana edad son buenos predictores de la probabilidad de dependencia con el paso de la edad (Tesauro, 1996). Aunque deben realizarse de forma individualizada, en general las grandes mejorías se obtienen si se puede mantener una frecuencia cardiaca de 130-140 latidos/minuto, pero también es beneficioso un progreso más lento con, entrenamientos regulares a frecuencias cardiacas de 110-120 latidos/minuto; en los casos

de mayores mas débiles raramente excede los 85 latidos/minuto. El ejercicio moderado diario (andar 50 a 60 min al día) con restricción en la ingesta calórica es un tratamiento efectivo para la diabetes mellitus (tipo I y tipo II), incluso en los enfermos que padecen una diabetes insulino-resistente.

En algunos casos se ha corregido tanto la obesidad como los síndromes depresivos en pacientes con hipotiroidismo o tiroiditis autoinmunes.

La fuerza muscular puede mejorarse en poco tiempo (dos meses), con entrenamiento de sobrecarga, incluso en sujetos de 90 años (Perls, 1995). La presión sanguínea no se ve afectada si se realizan ejercicios de contracción isométrica, durante unos segundos, con la fuerza voluntaria reducida. Puede conservarse **la flexibilidad,** realizando ejercicios suaves, sobre todo en piscinas de agua caliente donde la ingravidez de cuerpo ayuda.

Deportes aconsejados en los mayores: el rendimiento en los deportes anaeróbicos declina con los años por las razones expuestas anteriormente y en el capítulo 10.D, pero hay deportes donde la experiencia juega un papel fundamental. Los más recomendados para ancianos son los que requieren vista, habilidad y paciencia, como son: **natación, tenis, ciclismo, marcha, gimnasia de mantenimiento, golf, juegos: tenis de mesa, petanca, bolos, billar, danza y bailes tanto regionales como de salón.**

Precauciones

El ejercicio programado debe realizarse, en un principio, a días alternos, pues el proceso de recuperación es lento. La marcha debería sustituir a la carrera, la caminata rápida o marcha atlética sería el entrenamiento ideal. La natación es útil para aquellas personas con problemas articulares. Se debe evitar los deportes de equipo como el fútbol y/o futbito, fútbol 5, donde hay riesgo de colisión, incrementándose la posibilidad de lesiones.

La mayoría de los mayores toman medicamentos hipotensores o están polimedicados, por lo que pueden presentar, en ocasiones, riesgos de pérdida de conciencia, particularmente por el calor o por un baño prolongado en la piscina, sobre todo si el agua está muy caliente (spa o balnearios) y en los ambientes extremos donde la actividad debería realizarse dentro de instalaciones cerradas, con aire acondicionado. Para aquellos que son más frágiles, se puede conseguir el entrenamiento físico utilizando ejercicios que se realizan sentado.

Contraindicaciones absolutas de la práctica deportiva

Debido al excesivo optimismo de algunos mayores que les lleva a pensar que pueden actuar con la misma libertad que cuando eran jóvenes, sin tener en cuenta sus limitaciones tanto por la edad como por sus propias patologías, es por lo que, en principio, sugerimos una serie de contraindicaciones en la práctica de la actividad física, a menos que esté controlada o supervisada por un médico especialista en medicina de la actividad física y el deporte. Estas serían (Ortega, 1992):

1. Enfermedades incurables: neoplasias.
2. Cardiopatías: insuficiencia cardiaca descompensada, aneurisma ventricular, anginas de pecho (estables o inestables) e infartos de miocardio que no hayan realizado un programa de rehabilitación cardiaca postinfarto, miocarditis y miocardiopatías, bloqueo aurículo-ventricular completo y arritmias.
3. Enfermedades pulmonares: insuficiencia respiratoria e hipertensión pulmonar.
4. Infecciones: como la tuberculosis en fase activa, la hepatitis viral B o C, la fiebre reumática aguda.
5. Traumáticas: lesiones que exijan inmovilización y posterior rehabilitación, al menos hasta pasar un tiempo prudencial tras la valoración por su especialista y rehabilitador.
6. Otras patologías como litiasis biliar y urinaria, insuficiencia renal crónica, o suprarrenal. Hernias grandes donde no está indicado el tratamiento quirúrgico. Epilepsia no controlada con la medicación.

En general, todas aquellas enfermedades que puedan descompensar bruscamente al organismo, provocando pérdidas de conciencia. Aún así, la FEMEDE ha publicado en 2008 un documento de consenso sobre la muerte súbita donde clarifica esta posibilidad durante la práctica deportiva, así como las pautas de actuación si se produce.www.femede.es/publicaciones.

Contraindicaciones temporales en la práctica deportiva

1. **En enfermos de diabetes, hiperlipémicos, grandes obesos:** se recomienda reducir su actividad deportiva, moderando tanto su intensidad como la frecuencia de las repeticiones.
2. **En la hipertensión arterial:** infarto agudo de miocardio, durante los tres primeros meses de empezar el tratamiento tras la valoración por su cardiólogo y tras integrarse en un programa de rehabilitación cardiaca postinfarto de miocardio.
3. **En procesos infecciosos banales:** procesos catarrales banales o gripales leves.
4. **Enfermos con patologías inflamatorias:** brotes artríticos o gastritis crónicas leves, artritis. Rinoconjuntivitis alérgicas estacionales.

El entrenamiento no restaura el tejido que ya ha sido destruido, pero puede proteger al individuo contra enfermedades crónicas propias de su edad, como pueden ser el estreñimiento, la hipertensión arterial y/o la diabetes senil, incluso puede maximizar la función residual. Por tanto, es muy importante la práctica de actividad física regular y la realización de ejercicio físico por parte de los mayores. Estando controlado y supervisado por profesionales es muy saludable, incrementando la expectativa de vida, retrasando la discapacidad parcial o total y ganando en calidad de vida.

Por último, tendríamos que aconsejar siempre el realizar actividad física estando acompañado de otras personas, y con controles sanitarios periódicos, en función del deporte y la intensidad de su práctica, con el fin de evitar la posibilidad de lesiones.

Bibliografía

- Alexander H, Dugdale A. Which waist-hip ratio?. *Med J Australia* 1990; 153: 367.
- Álvarez E, Vioque J. Ganancia de peso a lo largo de la vida adulta. *Med Clin* (Barc) 2001; 117: 172-174.
- Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez Riaza L, Moreno Pascual C, Porta J, Sillero Quintana M, Sirvent Belando JE. *Documento de consenso del GREC de la FEMEDE Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico – deportivo)* admitido para publicación en Archivos Medicina del Deporte marzo 09.
- Alvero Cruz JR, Diego Acosta AM, Fernández Pastor VJ, García Romero J. Métodos de evaluación de la composición corporal: Tendencias actuales I. *Archivos Medicina del Deporte* 2004; 104: 535-540.
- Alvero Cruz JR, Diego Acosta AM, Fernández Pastor VJ, García Romero J. Métodos de evaluación de la composición corporal: Tendencias actuales,II. *Archivos Medicina del Deporte* 2005; 105: 45-50.
- Alvero Cruz JR, Diego Acosta AM, Fernández Pastor VJ, García Romero J. Métodos de evaluación de la composición corporal: Tendencias actuales III. *Archivos Medicina del Deporte* 2005; 106: 121-128.
- Aragonés MT, Casajús JA, Rodríguez F, Cabañas MD. Protocolos de medidas antropométricas. En: Esparza F (Ed.) *Manual de Cineantropometría.* GREC-FEMEDE, 1993.
- Aréchiga J Herrera H. Valoración antropométrica en bailarines. *Archivos Medicina del Deporte* 2008; XXII: 41-50.
- Baumgartner RN, Roche AF, Guo S, Chulmea C, Ryan AS. Fat patterning and centralized obesity in Mexican-American children in the Hispanic Health and Nutrition Examination Survey. (HHANES 1982-1984). *Am J Clin Nutr* 1990; 51:936S-943S.
- Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lichtman S, Wang J, Pierson RJN. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1991,53:1345-1353.
- Baumgartner RN. Electrical impedance and total body electrical conductivity. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition.* Champaign, IL: Human Kinetics, 1996: 79-107.
- Behnke AR. Anthropometric fractionation of body weight. *Ann NY Acad Sci* 1961; 16: 949-954.
- Benso L, Battaglia C, Conrieri M, Gambota S, Manzi P, Martire AM, Signorille F. Early puberty stages and menarche in a sample of Turinese girls. *Acta Medica Auxologica* 1986; 17:307-310.
- Beunen G, Malina RM. *Growth and biological maturation: relevant to athletic performance. The child and adolescent athlete.* Encyclopaedia of Sports Medicine, vol VI. Oxford Blackwell Scientific Publications. Oxford 1998.
- Bouchard C, Johnston FE. *Fat distribution during growth and later health outcome.* New York: Allan R. Liss, 1998.

- Bouchrad C, Depress JP, Maurièdge PO. Genetic and monogenetic determinants of regional fat distribution. *Endocr Rev* 1993; 14: 72-93.
- Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitomettric analisys of body composition revision of some quantitative assumptions. *Ann New York Acad Sci* 1963; 110: 113-140.
- Cabrera A, Damiani A, Chiong D, Quintero ME, Fernández L. Relación entre los lípidos séricos y la distribución de grasa corporal en un grupo de niños obesos. *Arch Lat Nutr* 1995. 45(1)p::55-57.
- Callaway CW, Chumlea WC, Bouchard C, Himes JH, Lohman TG, Martin AD. Circumferences. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference Manual.* Champaign, IL: Human Kinetics, 1988: 39-54.
- Campos I, y Macías de Tomei C. Adiposidad y su patrón de distribución en niños de 4-7 años. *An Ven Nutr* 2003. 16(1): 5-10.
- Cantó M. *Menopausia: entorno y factores de riesgo en la mujer urbana. Estudio de la osteoporosis.* Ediciones Universidad Autónoma. 2000. Madrid.
- Carter JEL. Body composition of Montreal Olympic athletes. In: JEL Carter(ed) *Physical structure of Olympic athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project.* Basel Switzerland. Karger 1982; 107-116.
- Carter JEL, Heath BH. Somatotyping. Growth and aging. En: Lasker GW, Mascie-Taylor CGN, Roberts DF. *Cambridge studies in biological anthropology 4.* Cambrigde University Press. 1990. 4:141-180.
- Carter JEL, Heath BH. Somatotyping. Sport and physical performance. En: Lasker GW, Mascie-Taylor CGN, Roberts DF. *Cambridge studies in biological anthropology 6.* Cambrigde University Press. 1990: 199-290.
- Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, Fernández A, López-Siguero JP, Sánchez E, Sobradillo B, Yeste D y Grupo Colaborador Español. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *Ann Pedatr (Barc)* 2008; 68 (6): 552-569.
- Castelli, 1978, tomado del estudio Framingam. Ref. Consenso Programa N USA (NCEP). 1993.
- Chovanova E, Bergman P, Stukovsky R. *Genetic aspects of twins somatotypes.* Second Congress of European Anthopological Association. Brno. Czechoslovakia. 1980.
- Cole TJ, Bellizi MC, Flegal KM. Establishing a Standard Definition for Child Overweight and Obesity Worlwide International Survey. *BMJ* 2000; 320: 1240-1243.
- Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson A. Body Mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey *et al. BMJ* 2007: 335: 194-206.
- Comfort A. Aging. *The Biology of Senescence.* 2nd Ed. New York: Holt, Rinehart, Winston. 1979.
- Davies BN. The relationship of lean limb volume to performance in the handgrip and standing long jump test in boys and girls, aged 11.6-13.2 years. *Eur J Appl Physiol* 1990. 60, 2: 139-143.
- Deurenberg P, Van Der Kooij K, Evers P, Hulshof T. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 y. *Am J Clin Nutr* 1990 ;51:3-6.
- Drinkwater DT, Ross WD. Anthropometric fractionation of body mass. En: Ostyn W, Beunen G, Simons J. *Kinanthropometry II.* Baltimore. University Park Press. 1980; 177-188.
- Durham NC. *Duke University Center for the Study of Aging and Human Development. The OARS Methodology.* Duke University. 1978.
- Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974. 32:77-97.
- Esparza F. *Manual de Cineantropometría.* Colección de Monografías de medicina del deporte. FEMEDE. 1993; p. 63 – 65.
- Esparza F, Alvero JR. *Somatotipo.* Grupo Español de Cineantropometría GREC. Manual de Cineantropometría. Monografías FEMEDE. Pamplona.1993. 67-93.
- Faulkner JA. Physiology of swimming and diving. In: Falls H. *Exercise Physiology.* Baltimore Academic Press. 1968.
- Ferro-Luzzi A. Overweight of the elderly. *Age Nutr* 1992. 3: 55-58.
- Fornetti WC, Pivarnik JM, Fletchner JJ. Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J Appl Physiol* 1999. 87: 1114-1122.
- Freedman D, Shinivasan S, Burke G, Shear C, Smoak C et al. Relation of body fat distribution to hiperinsulimia in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutrition* 1987; 46:403-410.
- Frisancho AR. *Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status.* University of Michigan Press. 1990.
- Frisch RE. Body fat puberty and fertility. *Biological Review* 1984; 59:162-188.
- Fricker J (Editor). *Obesité.* Ed. Masson, Paris. 1996.
- Garrow JS, Webster J. Quetelet's index (W/H2) as a measure of fatness. *Int J Obes* 1985; 9: 147-153.
- González Montero de Espinosa M, Marrodán MD. *Crecimiento y dieta. Hábitos de los jóvenes españoles.* Ediciones Fundación Santamaría. 2003.

- Harrison GG, Buskirk ER, Carter JEL, Johnston FE, Lohman TG, Pollock ML. Skinfold thicknesses and measurement technique. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual.* Champaign IL: Human Kinetics, 1988: 55-70.
- Hernández M. (Dir.) *Curvas y tablas de crecimiento.* Instituto de Investigaciones sobre crecimiento y desarrollo. Fundación Orbegozo. 1988. Bilbao.
- Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthrop* 1967. 21: 227-233 ; 27: 57-74.
- Hernández M. *Fisiología del crecimiento y desarrollo somático.* Medicine. Tratado de Medicina Práctica. Nº 30; IDEPS 1977; 2676-2693.
- Herrera HA. *Tesis Doctoral sobre Evolución del Estado Nutricional en un Colectivo de Ancianos Institucionalizados.* Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco; España. 2003.
- Herrero de Lucas A. *Cineantropometría: Composición corporal y Somatotipo de los futbolistas que desarrollan su actividad física en equipos de la Comunidad Autónoma de Madrid.* Universidad Complutense de Madrid. España. 2005.
- Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. *Composición Corporal.* 2ª Ed. McGraw-Hill, México. 2007.
- Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG, Roche AF, Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat free body mass in children and youth. A cross validation study. *J Appl Physiol* 1992. 72: 366-373.
- *International Standards For Anthropometric Assessment.* International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2001.
- Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978. 40:497-504.
- Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exer* 1980; 12:175-181.
- Johnston FE. Body fat deposition in adult obese women I. Patterns of fat distribution *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 225-228.
- Jover E, Millán J. (Coords.) *Documento de consenso. Dislipemia y obesidad.* Madrid: Sociedad Española de Arteriosclerosis. Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad y Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición; 2005. Accesible en http: //www.seedo.es/Doc_consenso.htm.
- Kaplan NM. The Deadly quartet-body obesity, glucose intolerance, hipertriglyceridemia , and hypertension. *Arch Intern Med* 1989. 149: 1514- 1520.
- Kerr D. *An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses in males and females aged 6 to 77 years* [Unpublished MSc thesis]. Simon Fraser University. Burnaby BC. Canada. 1988.
- Kusek JZ, Rist RC. *A handbook for development practioners; ten steps to a result-based monitoring and evolution system.* Capítulo 3. Washington, D.C: The World Bank; 2004. (Doc. 29672).
- Kyung S, Robins D, Turner M, Adams-Campbell L. Anthropometric determinants of risk factors in an African American population. *Am J Hum Biol* 1989. 1: 631-648.
- Lee RC, Wang ZM, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 796-803.
- Ley Pozo J y cols. Flujo arterial cerebral y peróxidos lipídicos en el envejecimiento. *Rev Española Geriatría y Gerontología* 1994; 29(2): 67-72.
- Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. Report of the International Obesity Task Force Childhood Obesity Working Group. *Obes Rev* 2004: 5: 4-104.
- Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric Standardization Reference Manual* (ASRM). Human Kinetics. Champaign, IL. 1988.
- López-Blanco M, Landaeta-Jiménez M, Sifontes Y, Evans R, Machín T. *Nutrición, base del desarrollo. Situación alimentaria y nutricional de Venezuela. Fascículo II.* Ediciones CAVENDES. Caracas, Venezuela. 1996.
- Lukaski HC, Bolonguck WW, Hall CB, Siders WA Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986. 60: 1327- 1332.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes [tesis doctoral].* Universidad Complutense de Madrid. 2004. 451-532.
- Martha PM, Blizzard RM, Mogol AD. Physiological changes in growth hormone secretion during puberty. In: Falkner F, Tanner JM (eds). *Human Growth,* vol 2, 2nd ed. Plenum Press. New York. 1992;171-209.
- Martin AD, Spenst LF, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 1990. 22,5: 729-793.
- Martin AD. Anthropometric assessment of bone mineral. In: J Himes (Ed.). *Anthropometric assessment of nutritional status.* New York. Wiley-Liss.1990; 185-196.
- Martín Peña AD. Adipose tissue density estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadavers. *Int J Obesity* 1994; 18: 79-83.

- Marrodán MD. *Estudio de la distribución de la grasa subcutánea en una población rural.* Actas III Congreso Español de Antropología Biológica. Universidad de Santiago de Compostela. 1983; 601-615.
- Marrodán MD. Cambios somatotípicos durante el crecimiento humano. *Bol Soc Esp Antropología Biológica* 1990. 11: 7-21.
- Marrodán MD, Mesa MS, Alba JA, Ambrosio B, Barrio P, Drak L, Gallardo M, Lermo J, Rosa J, González-Montero de Espinosa M. Diagnosis de la obesidad: Actualización de criterios y su validez clínica y poblacional. *Anales de Pediatría* 2006.
- Moreno Aznar L, Rodríguez Martínez G, Sarriá Chueca A, Bueno Sánchez M. Evaluación de la composición corporal y del estado nutricional por antropometría y bioimpedancia eléctrica en niños y adolescentes. *Nutrición Clínica* 1999. 19, 4; p 30-38.
- Moreno L, Sarriá A, Fleta J, Rodríguez G, Bueno M. Trends in body mass index and overweight among children and adolescents in the region of Aragon (Spain) from 1985 to 1995. *Int J Obes Metab Disord* 2000; 24 : 925-31.
- Mueller WH, Heininger JC, Liehr P, Chang W, Chander PS. Conicity: a new index of body fat distribution. What does it tell us?. *Am J Hum Biol* 1996; 8: 489-496.
- Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference Data for Obesity: 85th and 95th Percentiles of Body Mass Index (Wt/ht2) and Triceps Skinfold Thickness. *Am J Clin Nut* 1991; 53, 4: 839-846.
- Must A, Strauss RS. Risks and consequences of childhood and adolescent obesity *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999: 23 (suppl 2): S2-S11.
- Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C. Marfell-Jones M. Measurements techniques in anthropometry. In: Norton K y Olds T (Eds.) *Anthropometrica*. UNSW Press. Sydney. 1996; p. 25-75.
- Norton K, Whittingham N, Carter JEL, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. In: Norton K y Olds T (Eds.). *Anthropometrica*. UNSW Press. Sydney. 2000.
- Onís M (WHO), Garza C (UNU), Victora CG (Brazil), Bhan KM (India), Norum KR (Norway), guest editors. The WHO Multicentre Growth Reference Study (MGRS) *Food and Nutrition Bulletin* 2004; 25 (supplement 1):S3-S84.
- Onís M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida CH, Siekmann J. *Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents.* Bulletin of the World Health Organization, Septiembre 2007, 85 (9).
- Oppert JM, Charles MA, Thibult N, Guy-Grand B, Eschwege E, Ducimetiere P. Anthropometric estimates of muscle and fat mass in relation to cardiac and cancer mortality in men: the Paris Prospective Study *Am J Clin Nutr* 2002; 75(6):1107-13.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). *Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud. Resolución WHA57.17.* Ginebra: World Health Organization (WHO). 2004.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). *Technical Reports Series.* 724. Geneva: World Health Organization (WHO). 1998.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). World Health Organization. (WHO). *Arterial Hypertensión.* Ginebra: Expert Committee Report: Technical Report núm. 628. 1978.
- Ortega R. El ejercicio físico en el envejecimiento. En: *Medicina del Ejercicio Físico y el Deporte para la Atención a la Salud.* Madrid: Díaz de Santos. 1992; 557-780.
- Pacheco JL, Robles A, Rebato E. *La edad de menarquia y su relación con la actividad deportiva.* Rebato E, Calderón (Eds.) Actas VI Congreso Español de Antropología Biológica. Servicio de Publicaciones de la Universidad del País Vasco. 1991; 511-518.
- Pacheco JL. La proporcionalidad corporal. En: Esparza F. *Manual de cineantropometría.* Monografías FEMEDE. Pamplona. 1993. 95-112.
- Pedreira C, Robles F. *Sobrepeso y Obesidad en el Anciano.* Rv. SEMER, Julio 2003. Vol. II nº 4 p: 25-40.
- Pérez B, Landaeta-Jiménez M, Ledezma T, Ortega de Mancera A. Adiposidad, distribución de grasa y lípidos séricos en adolescentes venezolanos. En: *Investigaciones en Biodiversidad Humana.* Editor Tito Varela. Universidad de Santiago de Compostela y Sociedad Española de Antropología Biológica. 2000: 539-546.
- Perls TT. *Los ancianos entre los ancianos.* Ed. Rev. Investigación y Ciencia Nº 222. 1995. P. 74- 79.
- Phyllis B, Evetelh y JM. *Clasificación por grupos de edad.* Tanner 1979.
- PNUD. *Manual de seguimiento y evaluación de resultados.* New York: UNDP/Evaluation Office; 2002.
- Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2005 37:316-22.
- Prado C, Jiménez JM, Rubén M. La edad de menarquia y aparición de caracteres sexuales secundarios: cambio secular en población cubana (1972-2000). *Revista Española de Antropología Biológica* 2002; 23:57-64.
- Prado C, Carmenate M, Donoso C, Acevedo P. Efectos del entrenamiento en el ciclo endocrino-reproductor de la mujer. Estudio en gimnastas del equipo nacional. Egocheaga JE. (ed). *Biología de poblaciones humanas: diversidad, tiempo y espacio.* Universidad de Oviedo 2003; 917-926.
- Prado C. La pubertad: un período de crisis. Rebato E, Susanne C y Chiarelli B (eds.) *Para comprender la Antropología Biológica. Evolución y Biología Humana Pamplona.* Editorial Verbo Divino. 2005; 513-523.

- Ramos Rodríguez R. *Crecimiento y proporcionalidad corporal en adolescentes mexicanas.* Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Antropológica, 49. 1986.
- Rebato E, Rosique J. Estimation de la forme corporelle: le somatotype. *Methologogie* 2003. 6: 103-108.
- Reilly JJ, Wilson J, McColl JH, Carmichael M. Ability of biolectric impedance to predict fat-free mass in prepuberal children. *Pediatr Res* 1996; 39: 176-179.
- Rocha MSL. *Peso osseo do brasilerio de ambos os sexos de 17 a 25 anos.* Arquivos de Anatomia e Antropologia. Rio de Janeiro RJ.
- Rosique J, Rebato E, González A, Pacheco JL. Somatotype related to centripetal fat patterning of 8 to 19 years old Basque boys and girls. *American Journal of Human Biology* 1994. 6, 2: 171-181.
- Ross WD, Kerr DA. *Fractionation of body mass: A new method for use in clinical nutrition and sport medicine.* Manuscrito del grupo español de cineantropometría. Asociación Murciana de Medicina del Deport. 1990.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ: Kinanthropometry. En: *Physiological testing of the high performance athlete.* Champain, Il. Human Kinetics 1991: 223-308.
- Scamon RE. *The measurement of the body in chilhood.* The measurement of man. University of Minesota Press. Minesota 1930.
- Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon GA, Van Itallie B. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four site cross validation study. *Am J Clin Nutr* 1988. 47:7-14.
- Siri WE. Body Composition from Fluid Spaces and Density. In: Broceck J, Henschel A. (Eds.) *Techniques for Measuring Body Composition.* National Academy of Sciences, Washington D.C. 1961.
- Shephard RJ. Aging and Exercise. In: *Encyclopedia of Sports Medicine and Science.* Fahey TD (Ed.) Internet Society for Sport Science: http://sportsci.org. 7, 1998.
- Shephard RJ. *Physical Activity and Aging.* 2nd Ed. London: Croom Helm Publishing. 1987.
- Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stilman RJ, Van Loan MD, Bembem DA. Skinfold equation for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988, 60:709-723.
- Sobradillo B. (Dir.) *Curvas y tablas de crecimiento 2ª edición.* Instituto de Investigaciones sobre crecimiento y desarrollo. Fundación Orbegozo. Bilbao. 2004.
- Sociedad española para el estudio de la Obesidad (SEEDO). *Ref. Anales del Sistema Sanitario de Navarra;* 2002, 25 Suplemento 1, Pg. 91-102.
- Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CI, Hubbard VS. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003, 77: 331-340.
- Tanner JM. Growing up. Biological Anthropology. *Readings from Scientific American* 1975; 494: 278-283.
- Tesauro MA, Sáinz A. *Consideraciones teóricas sobre la Geriatría. Fisiología del envejecimiento.* Ed. Publex Studio SL.; Madrid. 1996.
- Tucker LA. Self-concept: a function of self-perceived somatotype. *Journal of Psychology* 1983. 13:123-133.
- Rocha MSL. Peso osseo do brasilerio de ambos os sexos de 17 a 25 anos. *Arquivos de Anatomia e Antropologia* 1990. Rio de Janeiro RJ.
- Rolland-Cachera MF, Bellisle F, Deheeger M, Pequignot F, Sempé M. Influence of body fat distribution during childhood and body fat distribution in adulthood: a two decade follow-up study. *Int J Obesity* 1990.14: 473-81.
- Ross WD. The Phantom stratagem for proportional growth assessment: questions and answers. *Human Biol* 1985. 16: 153-167.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA. *Physiological testing of the high-performance athlete.* Grenn HJ. (Eds.) 2nd ed. Human Kinetics. IL: Champaign; 1991. (1) p. 223-308.
- Valdez R. A simple model-based index of abdominal adiposity. *J Clin Epidemiol* 1991. 119: 71-80.
- Valdez R, Seidell JC, ANH YI, Weiss KM. A new index of abdominal adiposity as an indicator of risk for cardiovascular disease. A cross population study. *Int J Obesity* 1992: 16p:77-82.
- Valle A, Carmenate MM, Prado C. Estudio Antropológico sobre el deterioro Físico y Cognitivo relacionado con Factores Sociodemográficos en Ancianos Institucionalizados. *Rev Esp de Geriatría y Gerontología* 2005. 40(Ex1): 21-22.
- Weiner JS, Lourie JA. *Practical human biology.* Londres: Academic Press, 1981.
- Welborn TA, Knuiman MW, Vu HT. Body mass index and alternative indices of obesity in relation to height, triceps skinfold and subsequent mortality: the Busselton Health Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24(1):108-15.
- Weltman A, Levine S, Seip RL, Tran ZV. Practical assessment of body composition in adult obese males. *Hum Biol* 1987 Jun; 59(3):523-55.
- Weltman A, Levine S, Seip RL, Tran ZV. Accurate assessment of body composition in obese females. *Am J Clinical Nutrition* 1988; 48:1179 - 1183.
- Widhalm K, Schonegger K. BMI does it really reflects body fat mass? *J Pediatr* 1999; 134: 522-553.

- Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Norton KI. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur J Appl Physiol* 1987; 56: 191-200.
- Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, La Forgia J, Ellis MW, Crockett A. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur J Appl Physiol* 1987; 56:169-180.

ANEXO I
Abreviaturas

A	punto anatómico acromial o *Acromiale* y punto anatómico *Alare*
AADBase	*Australian Anthropometric Database.* Base de datos antropométrica australiana
ACT	agua corporal total
ACV	accidente cerebrovascular
AEC	agua extracelular
AEP	Asociación Española de Pediatría
ag	punto anatómico *Alagenión*
AIC	agua intracelular
ALT	Alanina aminotransferasa/GPT transaminasa glutámico pirúvica
ap	punto anatómico anterior del pie o pedial o *Acropodión*
ASC	*Australian Sports Comission.* Comisión de deportes australiana
AST	Aspartato aminotransferasa/GOT transaminasa glutámico oxalacética
BCM	*Body Cellular Mass.* Masa celular activa
BI	impedancia bioeléctrica
BIA	del inglés: *Bioelectrical Impedance Analysis*
BIA seg	BIA segmental
BIVA	del inglés: *Bioimpedance Vector Analysis*
BMI	*Body Mass Index* o Índice de masa corporal (IMC)
BOGAP	*Barcelona Olympic Games Anthropometry Project*
BT	bioimpedancia total
CAP	consulta de atención primaria
CC	composición corporal
CCI	coeficiente de correlación intraclase
cdl	punto anatómico *Condylión Laterale* o condíleo mandibular lateral
ch	punto anatómico *Cheilión* o comisural labial lateral
CI	consentimiento informado
COE	Comité Olímpico Español
COI	Comité Olímpico Internacional
Corr	índice de correlación
cp	punto anatómico *Crista Philtri* o *Filtrum*
CV	capacidad vital
D	densidad corporal
D	derecha
Da III	punto anatómico *Dactylión III*
DAS	distancia actitudinal (morfogénica) entre dos somatomarcas (en tres dimensiones) (= SAD)
Desv. Est	desviación estándar
DI	dilución isotópica
DMID	diabetes mellitus insulinodependiente
DMNID	diabetes mellitus no insulinodependiente
DS	desviación estándar
DXA	*Double-energy X-ray Absortiometry.* Absorciometría en rayos X de doble energía
ECT	ectomorfia
en	punto anatómico *Endocanthión* o interno de la comisura palpebral
END	endomorfia
ER	envergadura relativa
ETM	error técnico de medida
ETMintra	error técnico de medida intraevaluador
eu	punto anatómico *Eurión* o lateral del cráneo
ex	punto anatómico *Exocanthión* o externo de la comisura palpebral
Extr	extremidad
F	*Force.* Fuerza

Fc	frecuencia cardiaca
FEMEDE	Federación Española de Medicina del Deporte
GC	grasa corporal
gl	punto anatómico Glabela o *Glabella*
gn	punto anatómico mentoniano o *Gnatión*
go	punto anatómico *Gonión* o lateral del ángulo mandibular
GOT	transaminasa glutámico oxalacética /**AST** Aspartato aminotransferasa
GPT	transaminasa glutámico pirúvica /**ALT** Alanina aminotransferasa
GREC	Grupo Español de Cineantropometría
H	hombre
HDL	*Colesterol: High Density Lipoproteine.* Lipoproteínas de alta densidad
HKP	*Human Kinetics Publishers*
hl	punto anatómico *Humerale Laterale* o humeral externo
hm	punto anatómico *Humerale Mediale* o humeral interno
HTO	agua tritiada
i	punto anatómico *Inión* u occipital externo
I	izquierda
IAAS	*International Anthropometry Accreditation Écheme*
IAC	índice aterogénico de colesterol
IAI	índice acromio-ilíaco
IAM	índice adiposo-muscular o infarto agudo de miocardio
IB	índice braquial; también significa Índice de Bouchard
IBP	*International Biological Programme.* Programa Internacional de Biología
IC	índice de conicidad
ICCad	índice cintura/cadera
ICe	índice de centripetalidad
ICr	índice crural
ICSPE	*International Council for Sport and Physical Education* Consejo Internacional del Deporte y Educación Física
ICSSPE	*International Council for Sport Science and Physical Education* Consejo Internacional de Ciencias del Deporte y Educación Física
IE	índice esquelético
II	índice intermembral
il	punto anatómico Iliocrestideo o *Iliocrestale* o supracrestal
IMC	índice de Masa Corporal
INEFC	Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña
IP	índice ponderal
IQ	índice de Quetelet (=IMC=BMI)
is	punto anatómico Ileoespinal o *Iliospinale Anterior* o suprailíaco
ISAK	*International Society for the Advancement of Kinanthropometry* Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría
IUBS	*International Union of Biological Sciences.* Unión Internacional de Ciencias Biológicas
iv	intravenosa
IWGK	*International Working Group on Kinanthropometry* Grupo de Trabajo Internacional sobre Cineantropometría
K-W	prueba de Krucal-Wallis
L	en proporcionalidad: dimensión lineal. En bioimpedancia: estatura del sujeto (L)
Lat	lateral
LBW	*Lean Body Weight.* Peso magro corporal
LDL	*Low Density Lipoprotein.* Lipoproteínas de baja densidad
LGS	Ley General de Sanidad

li	punto anatómico *Labiale Inferius* o labial inferior
LM	Ley del Medicamento (Ley del Medicamento 25/1990 de 20 de diciembre y Real Decreto 561/1993 de 19 de abril, que regulan los requisitos para la realización de ensayos clínicos) en España
LOPD	Ley Orgánica (15/1999 de 13 de diciembre) de Protección de Datos de carácter personal (LOPD). España
LREI	longitud relativa de la extremidad inferior
LRES	longitud relativa de la extremidad superior
ls	punto anatómico *Labiale Superius* o labial superior
LSAS	*Laboratory Standards Assistance Scheme.* Esquema de Protocolo de Patrones de Laboratorio
M	mujer
MANOVA	*Multiple Analysis of Variance.* Análisis múltiple de la varianza
MAS	media actitudinal (morfogénica) somatotípica; (en tres dimensiones) (= SAM)
M-BIA	del inglés *Multiple-Bioelectrical Impedance Analysis*
MC	masa corporal
MCM	masa corporal magra
MEC	masa extracelular
Med	medial
mel	punto anatómico *Merión Laterale* o epicondíleo lateral femoral
mem	punto anatómico *Merión Mediale* o epicondíleo medial femoral
MES	mesomorfia
mf	punto anatómico maxilofrontal
MG	masa grasa
MGT	masa grasa total
MIC	masa intracelular
MLG	masa libre de grasa
MM	masa muscular
MMII	miembros inferiores
MMSS	miembros superiores
MO	masa ósea
MOGAP	*Montreal Olympic Games Anthropologycal Project* Proyecto Antropológico de los Juegos Olímpicos de Montreal
mr	punto anatómico metacarpiano radial o *Metacarpale Radiale*
MT	masa total
mtf	punto anatómico metatarsiano perineal o *Metatarsale Fibulare*
mtt	punto anatómico metatarsiano tibial o *Metatarsale Tibiale*
mu	punto anatómico metacarpiano cubital o *Metacarpale Ulnare*
n	punto anatómico *Nasión* o nasofrontal
NEISS	Sistema Nacional de vigilancia de lesión electrónico
NHANES	*National Health and Nutrition Examination Survey* Encuesta del Registro Nacional de Salud y Nutrición
NIHTACS	*National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement*
Θ	Ángulo de fase, diferencia entre el voltaje
obi	punto anatómico *Otobasión Inferius*
obs	punto anatómico *Otobasión Superius*
om	punto anatómico umbilical u *Omphalión*
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
ONU	Organismo de Naciones Unidas
op	punto anatómico *Opistocranión*
or	punto anatómico *Orbitale* u orbital
P	resistividad específica de la masa libre de grasa (MLG)

pa	punto anatómico *Postaurale*
para	punto anatómico *Preaurale*
Pc	Ordenador personal-*Personal computer*
PC	pliegues cutáneos
PEF	programas de entrenamiento de fuerza
PG	peso graso
pga	punto anatómico *Pogonión*
Ph	modelo *Phantom*
Pi	punto anatómico *Palpebrale Inferius*
PM	peso muscular
PO	peso óseo
po	punto anatómico *Porión*
pod	punto anatómico *Pododactylión*
PR	peso residual
Pr	prueba estadística
pte	punto anatómico *Peternio* o posterior del talón
pu	punto anatómico *Pupilare* o pupilar
r	pendiente de la recta de regresión
R	resistencia y/o reactancia
ra	punto anatómico radiale o radial
RAC	riesgo aterogénico de colesterol
RM	riesgo metabólico; también significa Resonancia magnética
ROC	*Receiver Operating Characteristics*
S o <S>	somatotipo medio
sa	punto anatómico *Superaurale*
SAD	*Somatotype Attitudinal Distance* Distancia actitudinal (morfogénica) somatotípica (en tres dimensiones) (= DAS)
SAM	*Somatotype Attitudinal Mean.* Media actitudinal (morfogénica) somatotípica Distancia actitudinal media o distancia posicional media (= MAS)
SAV	*Somatotype attitudinal variance* Varianza actitudinal (morfogénica) del somatotipo (= VAS)
sba	punto anatómico *Subaurale*
sbal	punto anatómico *Subalare*
S-BIA	del inglés: *Single Bioimpedance Analysis* o aparatos llamados de monofrecuencia
sci	punto anatómico *Superciliare* o superciliar
SDD	*Somatotype Dispersional Distance.* Distancia de dispersión somatotípica Distancia entre dos somatopuntos (en dos dimensiones)
SDI	*Somatotype Dispersional Index.* Índice de dispersión del somatotipo (= SDI)
SDM	*Somatotype Dispersion Mean* Dispersión somatotípica media (en dos dimensiones) (= SDM)
SDV	*Somatotype Dispersion Variance* Varianza dispersional del somatotipo (en dos dimensiones) (= VDS)
se	punto anatómico *Sellión*
SEEDO	Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad
sl	punto anatómico *Sublabiale*
SM	síndrome metabólico
sn	punto anatómico *Subnasión* o *Subnasale* o subnasal
sph	punto anatómico maleolar tibial, interno o medial o *Sphyrión tibiale*
sphf	punto anatómico maleolar perineal, externo o lateral o *Sphyrión Fibulare*
SPSS	*Statistical Product and Service Solutions* Soluciones para productos y servicios estadísticos
sto	punto anatómico *Stomión*
sty	punto anatómico Estiloideo o *Stylión*
sy	punto anatómico pubiano o *Synphisión* o *Pubicus*

TBW	*Total Body Weight.* Peso corporal total
t	punto anatómico *Tragión*
T. An	técnica antropométrica
th	punto anatómico mamilar o *Thelión*
ti	punto anatómico tibial medial o *Tibiale*
Tib	tibial
tie	punto anatómico tibial lateral o *Tibiale Externum*
tr	punto anatómico *Trichión*
TOBEC	*Total Body Electrical Conductivity*
troc	punto anatómico trocantéreo o *Trochantericón*
TZC	tipificación Z combinada
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
V	índice bruto del sujeto de estudio
v	punto anatómico vértex o craneal superior
Var	variación (Var. int. med: variación interanual media)
VAS	varianza actitudinal (morfogénica) del somatotipo (en tres dimensiones) (= SAV)
VDS	varianza dispersional del somatotipo (en dos dimensiones) (= SDV)
VE	validez externa
VI	validez interna
VLDL	Colesterol. Lipoproteína de muy baja densidad
VR	*Variante ratio.* Razón de la varianza
W	*Weight.* Peso
WHR	*Waist-Hip Ratio.* Cociente cintura-cadera
WHO	*World Health Organization*
x	punto anatómico Xifoideo o *Xifoides*
X	en somatotipo: primer componente del somatotipo bidimensional
Xc	reactancia o capacitancia
xy	punto anatómico *Xyphialis*
Y	en somatotipo: segundo componente del somatotipo bidimensional
Z	impedancia. En proporcionalidad: índice en estrategia *Phantom*
zy	punto anatómico *Zygión* o zigomático lateral

ANEXO II

Modelo de consentimiento informado en antropometría para España

Hoja de recogida de datos

Patrones normales en la analítica sanguínea de una persona mayor

Nomenclatura sobre envejecimiento

Modelo de consentimiento informado en antropometría para España

Don /Doña .....
Con DNI/NIF..... Fecha de nacimiento .....
domiciliado en la Calle/Plaza .....
Localidad ..... Código postal ..... Ciudad.....
País..... Correo electrónico.....

Expone:

Doy mi consentimiento tras la información previa recibida tanto oral como por escrito de forma objetiva, veraz, completa y asequible, para que me realicen un estudio antropométrico, consistente en la toma de una serie de medidas cineantropométricas estandarizadas según los criterios del GREC-FEMEDE e ISAK, que serian: el peso y la talla, pliegues cutáneos (...) , circunferencias (.....) , longitudes (....) y alturas (....) todas ellas inocuas e indoloras, cuyo objetivo es el estudio mi cuerpo humano, con el fin de entender el proceso de: (añadir según el estudio: crecimiento y desarrollo o la actividad física y el rendimiento deportivo, así como el estado de nutrición como índice de salud); siguiendo las instrucciones del antropometrista.

Los datos obtenidos serán tratados con la máxima confidencialidad y rigor científico, reservándose su uso para trabajos de investigación siguiendo el método científico exigido en cada caso, acatándose la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de protección de datos de Carácter Personal (LOPD) y los procedimientos empleados respetan los criterios éticos del comité responsable de experimentación humana (local o institucional) y la Declaración de Helsinki de 1975, enmendada en 1983.

Le informamos que sus datos personales se incorporarán a un fichero cuyo responsable es ....; con el fin de poder prestarle el servicio objeto de la presente comunicación. Si Vd. desea ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición podrá dirigirse a .....la institución.....: Dpto ..... Calle .....Código postal ..... Ciudad.....País.....
y o teléfono .....

De conformidad con la Ley 34/2002, de 11 de julio, de Servicios de la Sociedad de la Información y del Comercio Electrónico le informamos que la comunicación del dato de su correo electrónico y la aceptación de alta, supone el consentimiento expreso a que desde la Institución ..... podamos utilizarlo con el fin de envío por e-mail de comunicaciones relativas a las actividades de la Institución..... Si desea darse de alta en este servicio marque la opción indicada en la parte inferior.

Si No

Fecha:

Código .....

Firma: Nombre y apellidos

Hoja de recogida de datos

| | | |

18	Antebrazo (máximo)			•				•				•							•
19	Muñeca (estiloideo distal)			•				•				•							•
20	Tórax (mesoesternal)			•				•				•							•
21	Cintura (mínima)®			•				•				•							•
22	Cintura maxima																		
23	Caderas (máximo)®			•				•				•							
24	Muslo (1 cm glúteo)			•				•				•							•
25	Muslo (troch-tib-lat medio)			•				•				•							•
26	Pantorrilla (máximo)®			•				•				•							•
27	Tobillo (mínimo)			•				•				•							•
	Longitudes																		
28	Acromiale-radiale			•				•				•							•
29	Radiale-stylion			•				•				•							•
30	Midstylion-dactylion			•				•				•							•
31	Altura Iliospinale			•				•				•							•
32	Altura Trochanteria			•				•				•							•
33	Troch-tibiale laterale			•				•				•							•
34	Altura Tibiale laterale			•				•				•							•
35	Tib med-sphyrion tibiale			•				•				•							•
36	Longitud pie																		
	Diámetros																		
37	Biacromial			•				•				•							
38	Biiliocristal			•				•				•							•
39	Tórax transverso			•				•				•							•
40	Tórax A-P			•				•				•							•
41	Humeral®			•				•				•							•
42	Biestiloideo M			•				•				•							•
43	Femoral®			•				•				•							•
44	Maleolar			•				•				•							•
45	Envergadura			•				•				•							•

Muslo Frontal® d/e: pierna derecha o extendida y a/b/c – método utilizado

Patrones normales en la analítica sanguínea de una persona mayor

NORMOGRAMA HEMÁTICO		
	HOMBRE	MUJER
HEMOGLOBINA (g./dL)	13 - 16	11,5 - 14,5
HEMATOCRITO (% DEL TOTAL)	40 - 54	37 - 47
HEMATÍES (MILLONES /dL)*10E6	4,5 - 5,5	4,2 - 5
LEUCOCITOS (MILES /dL)*1000	4,5 - 10	4,5 - 10

BIOQUÍMICA HEMÁTICA		
	HOMBRE	MUJER
GLUCOSA	65-110 mg / dL	
CREATININA	0,70-1,50 mg/dL	
UREA	14-50 mg /dL	
Ac. ÚRICO	2,6-7,2 mg /dL	
COLESTEROL	140-220 mg /dL	
HDL COLESTEROL	33-45mg/dL	35-55 mg/dL
TRIGLICÉRIDOS	35 -160 mg/ dL	
FOSFOLÍPIDOS	150 -280 mg/ dL	
PROTEÍNAS TOTALES	6 -8 mg/ dL	
TRANSAMINASA GOT/AST	5 -39 µ/L	
TRANSAMINASA GPT/ALT	5 - 40 µ/L	
FOSFATASA ALCALINA	98 -279 µ/L	
BILIRRUBINA	0,5- 1,2 mg/dL	

IONES		
	HOMBRE	MUJER
CALCIO	8,4-10,2 mg/dL	
FÓSFORO	2,7-4,5 mg/dL	
SODIO	135-145 mEq/L	
POTASIO	3,5-5 mEq/L	

Nomenclatura sobre envejecimiento

N. de A. Ante la disparidad de criterios y nomenclatura utilizada al hablar sobre ancianidad y envejecimiento consideramos necesario definir conceptos previamente (según la Academia de la Lengua, la OMS y las Naciones Unidas).

Abuela/o: mujer u hombre anciano; madre o padre de padre o madre.
Achacoso: persona que padece achaque, enfermedad o defecto, especialmente a causa de edad avanzada.
Ajado: arrugado, marchitado.
Anacrónico: que adolece de anacronismo, va contra el tiempo.
Ancianidad: último periodo de la vida ordinaria del hombre. Aquellas personas mayores de 75 años.
Anciano: persona que tiene muchos años; lo que es propio de esas personas.
Antañón: muy viejo.
Anticuado: que está en desuso desde hace tiempo, propio de otra época.
Antigualla: relacionado con sucesos muy antiguos.
Añejo: que tiene mucho tiempo.
Añoso: de muchos años.
Apergaminarse: acartonarse.
Apoptosis: suicidio celular, inducido por límite de duplicaciones o por alteraciones no reconocidas como normales.
Arcaico: muy antiguo o anticuado.
Atávico: semejanza con los abuelos o antepasados. Cuarto abuelo.

Báculo: bastón de mano para sostenerse los débiles o viejos.
Bradicinesia: lentificación de los movimientos corporales.
Bradifrenia: enlentecimiento del pensamiento.

Caduco: decrépito, muy anciano.
Cano: anciano o antiguo.
Cambios seculares: modificaciones somáticas y fisiológicas, resultado o relacionados con las variaciones o influencias ambientales.
Carcamal: achacoso con carácter despectivo.
Chochear: tener debilitadas las facultades mentales por efecto de la edad.

Decrépito: persona que por su edad suele tener las facultades muy disminuidas.
Descrecencia: periodo primario de la vejez, se hace coincidir entre los 65 y 75 años.

Edad avanzada: aquellas personas que alcanzan de 65 a 75 años.
Envejecer: la serie de modificaciones morfológicas, fisiológicas y psicológicas que origina el paso del tiempo sobre los seres vivos.
Envejecimiento: según Boulier *envejecimiento es el descenso funcional del conjunto de mecanismos integrados en los cambios celulares.*
Envejecer sanamente: habilidad para funcionar con autonomía dentro de un espacio vital dado.
Envejecer patológico: envejecimiento con enfermedades inhabilitantes y dependencia.
Envejecido: que viene de mucho tiempo atrás, acostumbrado, experimentado.
Envejecimiento poblacional: aumento de proporción de personas de edad avanzada (≥65 años).
Espacio biológico consumido: el que se resta del potencial biológico heredado (pudiera considerarse entre los 120 -130 años).
Esperanza de vida: posibilidad de longevidad en el momento del nacimiento o en cualquier otro momento de la vida.
Estupor: disminución de las actividades intelectuales acompañada de incapacidad motriz momentánea.

Gerontología: ciencia que se ocupa del estudio de las modificaciones del cuerpo humano determinadas por el proceso de senectud, y de los problemas ocasionados por el número creciente de personas ancianas, consecuencia natural del progreso de la medicina y de la prolongación de la vida.

Geriatría: rama de la medicina que se ocupa de las personas ancianas para diagnosticar y curar sus enfermedades.

Índice de envejecimiento: es igual a personas de mayores o iguales a 60 años por cada 100 jóvenes menores de 15 años.

Jubilación: ceder o renunciar a derechos, ventajas, opiniones.

Longevidad media: esperanza de vida al nacer.
Longevidad efectiva: años de esperanza de vida considerando la biología y medio ambiente.
Longevidad diferencial: variaciones individuales de la longevidad respecto a grupos (Hombre-Mujer).

Madurar: adquirir pleno desarrollo físico e intelectual.
Marchitarse: enflaquecer, debilitarse, perder vigor y lozanía.
Mayor: persona mayor de 65 años.
Mustio: marchito, extenuado.

Ocaso: decadencia, declinación, acabamiento.
Otoñal: que se encuentra en la última fase de su existencia.

Pensionista: persona que tiene derecho a cobrar una pensión.
Persona mayor: según Naciones Unidas, aquellas personas mayores de 60 años (en España se consideran a las de más de 65 años).
Población envejecida: para Paillat (P.1.971) es aquella que tiene más de un 7,8 % de ancianos.
Postrímero: último periodo de la vida.
Potencial máximo de envejecimiento: el techo que biológicamente podemos alcanzar; está valorado sobre los 110-120-130 años (según diferentes autores). Ha variado poco durante la historia registrada.

Rancio: persona apegada a las cosas antiguas.
Retiro: situación de retirarse o abandonar el trabajo. Pensión.

Senescencia: mecanismo controlado genéticamente, que lleva cuenta de la edad y que, pasando un tiempo fijo para cada especie, conduce al declive corporal.
Senil: persona de avanzada edad en la que se advierte su decadencia física.
Síndrome de Werner: envejecimiento prematuro. Las personas que lo padecen mueren antes de los 50. Presentan niveles de grupos carbonilos más elevados que los individuos normales de la misma edad (IIER. Carlos III).
Sobreenvejecimiento: ancianos a partir de los 75 años.
***Sumbelt*:** migración inversa al final de la vida. Volver a los orígenes antes de morir.

Veterano: antiguo y experimentado en cualquier ejercicio.
Vetusto: extremadamente viejo, anticuado.
Viejo: persona que cumplió setenta años.

ANEXO III
Tablas de Referencia

Tabla A.O. **Análisis estadístico del somatotipo para la comparación con un somatotipo referente**

Tabla A.1. **Valores de referencia correspondientes al promedio y desviación estándar del modelo *Phantom***

Tabla A.2.(1) **Índices Z del *Phantom* para los promedios en niños por edad**
Tabla A.2.(2) **Índices Z del *Phantom* para los promedios en niñas por edad**
Tabla A.2.(3) **Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 0 y 9 años**
Tabla A.2.(4) **Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 10 y 20 años**
Tabla A.2.(5) **Ecuaciones de regresión para las variables utilizadas frecuentemente en proporcionalidad para edades comprendidas entre los 0 y los 20 años**

Tabla A.3. **Índices Z de referencia para población de raza caucasoide de países industrializados, divididos por sexo y edad**

Tabla A.4. **Estadio físico madurativo por dentición**

Tabla A.5. **Estadios madurativos de Tanner**

Tablas del Capítulo 11. **Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento en los deportes olímpicos de verano**

Tabla A.0. **Análisis estadístico del somatotipo para la comparación con un somatotipo referente**

DIMENSIONES	ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL COORDENADAS (Endo, Meso, Ecto)	ANÁLISIS BIDIMENSIONAL COORDENADAS (X, Y)
REFERENTE	Se toma un somatotipo de referencia: $S_r = (Endo_r, Meso_r, Ecto_r)$ y SAM_r	Se toma un somatotipo de referencia: $S_r = (X_r, Y_r)$ y $SDM_r = 2$
ANÁLISIS INDIVIDUO	Se calcula el somatotipo del individuo: $S_i = (Endo_i, Meso_i, Ecto_i)$ Se calcula $SAD_{i,r}$ (Distancia morfogénica del somatotipo) Si $SAD_{i,r} > SAM_r$ la diferencia es significativa	Se calcula el somatotipo del individuo: $S_i = (X_i, Y_i)$ Se calcula $SDD_{i,r}$ (Distancia de dispersión del somatotipo) Si $SDD_{i,r} > 2$ la diferencia es significativa
ANÁLISIS INTRAGRUPO (SOMATOZONA)	Se calcula el somatotipo medio del grupo: $SM = (Endo_m, Meso_m, Ecto_m)$ Se calcula SAM del grupo Si $SAD_{SM,r} > SAM$ la diferencia es significativa	Se calcula el somatotipo medio del grupo: $SM = (X_m, Y_m)$ Se calcula SDM del grupo Si $SDD_{SM,r} > SDM$ la diferencia es significativa
ANÁLISIS INTERGRUPAL POR VARIABLE CUALITATIVA (SOMATOZONA)	Se calcula para cada grupo SM y SAM Si $SAD_{SM} > SAM$ la diferencia es significativa para ese grupo	Se calcula para cada grupo SM y SDM Si $SDD_{SM} > SDM$ la diferencia es significativa para ese grupo
ANÁLISIS INTERGRUPAL POR VARIABLE ORDINAL "V" (V1 < V2 < V3 < ...) (MIGRACIÓN SOMÁTICA) (ANÁLISIS DE LA TENDENCIA)	Se calcula para cada elemento v_i: S_{vi} y $SAD_{vi,r}$ Si $SAD_{vi,r} > SAD_{vj,r}$ para i < j, la tendencia de la muestra al referente es significativa	Se calcula para cada elemento v_i: S_{vi} y $SDM_{vi,r}$ Si $SDD_{vi,r} > SDD_{vj,r}$ para i < j, la tendencia de la muestra al referente es significativa

Tabla A.1. Valores de referencia correspondientes al promedio y desviación estándar del modelo *Phantom*

VARIABLE	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA
LONGITUDES		
Envergadura	172,35	7,41
Total extremidad superior	75,95	3,64
Brazo	32,53	1,77
Antebrazo	24,57	1,37
Mano	18,85	0,85
Total extremidad inferior	79,40	3,97
Muslo	41,37	2,48
Pierna	37,72	2,15
Pie	25,50	1,16
ALTURAS		
Talla	170,18	6,29
Talla sentado	89,92	4,50
Acromial	139,37	5,45
Radial	10,25	5,37
Estiloidea	82,68	4,13
Digital	63,83	3,38
Ileoespinal	94,11	4,71
Trocantérea	86,40	4,32
Tibial	44,82	2,56
Maleolar	8,01	0,96
PLIEGUES CUTÁNEOS		
Tríceps	15,4	4,47
Bíceps	8,0	2,00
Subescapular	17,2	5,07
Pectoral	11,8	3,27
Ileocrestal	22,4	6,80
Supraespinal	15,4	4,47
Abdominal	25,4	7,78
Muslo anterior	27,0	8,33
Pierna medial	16,0	4,67
DIÁMETROS		
Biacromial	38,04	1,92
Bideltoideo	43,50	2,40
Transverso tórax	27,92	1,74
Antero-posterior tórax	17,50	1,38

VARIABLE	MEDIA	DESVIACION TÍPICA
Biileocrestal	28,84	1,75
Bitrocantéreo	32,66	1,80
Biepicondíleo húmero	6,48	0,35
Biestiloideo	5,21	0,28
Anchura mano	8,28	0,50
Bicondíleo fémur	9,52	0,48
Bimaleolar	6,68	0,36
Anchura pie	10,34	0,65
PERÍMETROS		
Cefálico	56,00	1,44
Cuello	34,91	1,73
Mesoesternal (torácico)	87,86	5,18
Abdominal 1 (cintura)	71,91	4,45
Abdominal 2 (umbilical)	79,06	6,95
Cadera	94,67	5,58
Brazo relajado	26,89	2,33
Brazo contraído	29,41	2,37
Antebrazo	25,13	1,41
Muñeca	16,35	0,72
Muslo (1 cm. pli. ingui.)	55,82	4,23
Pierna	35,25	2,30
Tobillo	21,71	1,33
MASAS		
Peso total	64.58	8.60
Masa ósea	10,49	1,57
Masa muscular	25,55	2,99
Masa residual	16,41	1,90
Masa grasa	12,13	3,25

Tabla A.2.(1) **Índices Z del modelo *Phantom* para los promedios en niños por edad**

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A. trocantérea	-4,43	-2,89	-1,07	-0,30	0,59	1,36	1,90	1,83	2,44	2,75	1,55	1,15	1,09	1,67	1,43	1,86	1,37	0,68	0,34	0,17	0,09
L. extr. sup	-7,69	-8,06	-4,03	-1,38	-2,76	-1,96	-1,37	-1,53	-1,26	-1,68	-1,23	-1,69	-1,72	-1,48	-1,54	-1,40	-1,23	-0,61	-0,31	-0,15	-0,08
Talla sentado	6,18	3,90	2,41	1,63	1,62	1,57	1,37	1,29	0,96	0,71	0,24	-0,68	-0,72	-0,69	-0,73	-0,74	-0,39	-0,19	-0,10	-0,05	-0,02
Envergadura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,10	0,21	0,42	-0,24	0,39	0,87	0,59	0,95	0,33	0,16	0,08	0,04	0,02
D. biacromial	6,46	3,51	0,98	0,99	0,69	0,23	-0,25	-0,38	-0,32	-0,42	-0,26	-0,60	-0,67	-0,40	-0,52	-0,28	-0,37	-0,03	0,17	0,44	0,22
D. torác. trans.	7,15	3,26	1,44	0,52	0,33	0,13	-0,24	-0,51	-0,73	-0,96	-0,60	-1,25	-0,81	-0,90	-0,55	-0,14	0,18	0,22	0,26	0,42	0,21
D. a-p tórax	12,18	6,79	5,23	4,31	4,03	3,75	3,18	2,82	2,44	2,31	1,54	0,89	0,73	1,04	1,38	2,03	2,27	1,26	0,76	0,61	0,31
D. bicrestal	0,82	0,15	-0,18	-0,60	-0,48	-0,84	-1,36	-1,20	-1,09	-0,96	-1,33	-1,81	-1,53	-1,39	-1,66	-1,35	-1,38	-0,57	-0,13	0,23	0,11
D. biepic h.	6,04	3,29	0,93	0,94	0,67	0,25	-0,16	-0,20	0,02	0,25	1,05	0,92	0,70	1,49	0,79	0,58	-0,06	0,12	0,24	0,45	0,23
D. biestiloid.	6,07	3,30	0,93	0,95	0,69	0,28	-0,11	-0,11	0,21	0,62	1,79	1,16	1,13	1,97	1,05	1,11	1,11	0,72	0,54	0,61	0,30
D. bic. Fém.	6,47	3,52	0,99	1,01	0,72	0,28	-0,14	-0,17	0,12	0,45	1,49	0,42	1,04	0,48	-0,23	0,27	-0,52	-0,10	0,13	0,42	0,21
P. torác. axil.	-4,11	3,79	1,58	0,47	0,21	-0,35	-0,98	-1,20	-1,37	-1,48	-0,99	-1,58	-1,15	-1,30	-1,47	-1,14	-1,09	-1,58	-1,22	-0,89	-0,79
P. umbilical	-2,75	2,54	1,06	0,32	0,16	-0,21	-0,60	-0,70	-0,71	-0,59	0,16	-0,28	0,19	-0,02	-0,13	-0,07	-0,33	-0,86	-0,72	-0,54	-0,50
P. brazo cont	1,78	1,39	0,03	-0,69	-1,08	-1,52	-1,80	-2,02	-2,01	-2,15	-1,51	-1,81	-1,61	-0,91	-1,07	-1,03	-0,95	-1,23	-0,93	-0,67	-0,59
P. antebrazo	2,56	1,99	0,05	-0,97	-1,51	-2,11	-2,46	-2,63	-2,37	-2,06	0,02	-0,42	0,04	0,22	-0,11	-0,12	-0,13	-1,16	-1,02	-0,80	-0,76
P. muslo	-6,42	-2,57	-1,11	-0,52	-0,73	-0,62	-0,96	-1,22	-1,42	-1,27	-1,09	-1,18	-0,85	-1,08	-1,13	-0,91	-0,92	-1,26	-0,97	-0,70	-0,62
P. pierna	-7,39	-2,77	-0,81	0,42	1,15	1,00	0,75	-0,03	-0,11	-0,71	-0,24	-0,54	-0,13	-0,34	-0,26	0,06	-0,45	-1,16	-0,96	-0,73	-0,68
Pl. tríceps	-0,08	2,57	1,15	0,36	-0,05	-0,40	-0,70	-0,89	-1,04	-1,07	-0,63	-0,82	-0,63	-0,84	-0,98	-1,16	-1,13	-1,11	-1,16	-1,14	-0,89
Pl. subescap	-0,58	0,23	-0,92	-1,34	-1,57	-1,73	-1,82	-1,95	-1,99	-2,02	-1,77	-1,90	-1,52	-1,52	-1,55	-1,52	-1,49	-1,26	-1,19	-1,21	-0,93
Pl. ileocrestal	-0,08	2,45	1,09	0,34	-0,07	-0,41	-0,71	-0,94	-1,14	-1,33	-1,32	-0,97	-1,06	-1,15	-1,19	-1,31	-1,42	-1,27	-1,43	-1,46	-1,45
Pl. abdominal	-0,56	0,22	-0,88	-1,28	-1,51	-1,65	-1,73	-1,83	-1,83	-1,77	-1,31	-1,38	-1,24	-1,49	-1,47	-1,67	-2,11	-1,59	-1,35	-1,26	-0,95
Pl. muslo	0,33	2,41	1,08	0,34	-0,05	-0,38	-0,66	-0,85	-0,99	-1,04	-0,65	-0,88	-0,70	-1,50	-1,31	-1,50	-2,03	-1,54	-1,33	-1,19	-0,90
Pl. pierna	-0,58	0,24	-0,92	-1,34	-1,57	-1,70	-1,76	-1,82	-1,72	-1,48	-0,49	0,07	-0,26	-0,85	-0,68	-1,02	-1,91	-1,50	-1,32	-1,28	-0,97
Peso (kg)	-6,17	-4,85	-4,69	-4,52	-4,33	-4,14	-3,95	-3,71	-3,43	-3,15	-2,58	-2,32	-1,20	-0,67	-0,56	-0,19	-0,06	0,14	0,29	0,34	0,28

Tabla A.2.(2) **Índices Z del modelo *Phantom* para los promedios en niñas por edad**

Tabla A.2.(2) **Índices Z del modelo *Phantom* para los promedios en niñas por edad**

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A. trocantérea	-4,24	-2,43	-0,51	-0,34	0,29	1,20	1,81	2,09	2,71	2,71	1,36	1,41	0,79	0,79	1,22	1,06	1,23	0,61	0,31	0,15	0,08
L. extr. sup	-7,53	-7,72	-3,86	-1,35	-2,69	-1,78	-1,15	-1,30	-1,03	-1,46	-1,11	-1,43	-2,02	-1,79	-1,45	-1,20	-0,84	-0,42	-0,21	-0,11	-0,05
Talla sentado	6,49	3,53	2,65	1,64	1,33	1,42	1,29	0,90	0,91	0,95	0,33	-0,24	-0,63	0,24	-0,33	-0,09	-0,04	-0,02	-0,01	-0,01	0,00
Envergadura	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,09	0,18	0,37	0,74	1,48	0,44	-0,18	0,38	0,32	0,42	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
D. biacromial	6,78	4,14	1,61	1,38	0,43	0,33	0,05	0,14	0,06	-0,06	0,18	-0,30	-0,91	-0,28	-0,66	-0,19	-0,07	0,06	0,34	0,49	0,24
D. torác. trans.	7,43	3,78	1,96	0,83	0,40	0,29	-0,06	-0,33	-0,54	-0,79	-0,68	-0,87	-1,06	-0,58	-0,56	0,19	0,40	0,28	0,39	0,45	0,23
D. a-p tórax	12,48	7,32	5,77	4,62	4,10	3,91	3,36	3,00	2,62	2,48	2,28	0,79	-0,02	0,92	1,12	1,84	2,27	1,20	0,81	0,61	0,31
D. bicrestal	0,83	0,60	0,31	0,00	-0,41	-0,24	-0,67	-1,02	-0,91	-0,78	-0,98	-1,59	-2,45	-0,91	-1,65	-0,69	-0,45	-0,15	0,18	0,36	0,18
D. biepic h.	6,34	3,87	1,51	1,30	0,42	0,34	0,11	0,25	0,30	0,44	1,16	0,23	-0,46	-0,61	-1,11	-1,91	-1,92	-0,88	-0,16	0,22	0,11
D. biestiloid	6,37	3,89	1,51	1,30	0,42	0,34	0,11	0,26	0,32	0,47	1,22	1,11	-0,37	0,31	-0,46	-0,52	-0,53	-0,18	0,20	0,40	0,20
D. bic. Fém.	6,79	4,15	1,61	1,39	0,45	0,37	0,13	0,31	0,39	0,60	1,50	-0,37	-1,86	-0,12	-0,72	-0,80	-0,81	-0,31	0,15	0,39	0,20
P. torác. axil.	-3,95	4,35	2,13	0,80	0,28	-0,20	-0,79	-1,02	-1,18	-1,30	-0,55	-1,26	-1,36	-1,07	-1,09	-0,80	-0,65	-1,63	-1,37	-1,40	-1,38
P. umbilical	-2,65	2,92	1,44	0,55	0,22	-0,08	-0,43	-0,47	-0,37	-0,04	1,37	0,32	-0,35	-0,02	-0,66	0,32	0,32	-0,73	-0,73	-0,85	-0,88
P. brazo cont	2,67	1,18	-0,01	-0,69	-0,96	-1,29	-1,56	-1,83	-2,00	-1,87	-0,82	-1,68	-1,64	-1,00	-1,30	-0,94	-0,89	-1,39	-1,10	-1,07	-1,04
P. antebrazo	3,84	1,69	-0,01	-0,98	-1,36	-1,79	-2,13	-2,43	-2,47	-1,87	0,62	-0,82	-0,99	-0,36	-1,11	-0,67	-0,68	-1,71	-1,44	-1,47	-1,45
P. muslo	-6,34	-2,88	-1,14	-0,36	-0,29	-0,13	-0,47	-0,74	-0,96	-0,83	0,49	-0,96	-0,55	0,06	0,00	0,66	0,99	-0,56	-0,70	-0,91	-0,98
P. pierna	-7,31	-3,20	-0,96	0,36	1,21	1,15	0,93	0,15	0,08	0,03	0,57	-0,27	-0,10	0,11	0,21	1,10	1,27	-0,58	-0,78	-1,04	-1,13
Pl. tríceps	0,10	2,52	1,55	0,91	0,48	0,09	-0,17	-0,32	-0,40	-0,31	0,37	-0,12	-0,27	-0,07	-0,07	0,21	0,25	0,39	0,56	0,53	0,75
Pl. subescap	-0,22	0,33	-0,61	-1,09	-1,34	-1,52	-1,62	-1,68	-1,73	-1,69	-1,14	-1,64	-1,22	-0,98	-1,12	-0,81	-0,84	-0,65	-0,54	-0,54	-0,30
Pl. ileocrestal	0,09	2,41	1,48	0,87	0,45	0,08	-0,17	-0,34	-0,43	-0,41	0,09	-1,03	-1,23	-0,86	-1,17	-0,97	-1,04	-0,95	-1,07	-1,22	-1,21
Pl. abdominal	-0,22	0,32	-0,59	-1,05	-1,28	-1,46	-1,55	-1,60	-1,62	-1,55	-0,90	-1,42	-1,60	-1,19	-1,93	-1,47	-1,48	-0,98	-0,70	-0,62	-0,34
Pl. muslo	0,50	2,37	1,46	0,85	0,45	0,08	-0,16	-0,30	-0,37	-0,29	0,37	-0,72	-0,17	0,03	-0,82	0,06	0,05	0,28	0,48	0,47	0,69
Pl. pierna	-0,22	0,34	-0,61	-1,09	-1,33	-1,50	-1,57	-1,55	-1,47	-1,14	0,34	-0,20	-0,06	0,32	-0,12	0,05	0,05	-0,17	-0,29	-0,42	-0,24
Peso	-6,19	-5,02	-4,78	-4,58	-4,38	-4,26	-4,00	-3,73	-3,43	-3,10	-1,70	-2,27	-1,61	-0,95	-0,97	-0,57	-0,49	-0,70	-0,60	-0,52	-0,57

Tabla A.2.(3) **Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 0 y 9 años**

Edad (años)	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Variable (cm)	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S
Talla	50,30	1,86	75,00	2,77	88,20	3,26	97,10	3,59	103,10	3,81	108,30	4,00	114,45	4,23	120,20	4,44	125,65	4,64	130,85	4,84
A. trocantérea	23,00	1,15	35,50	1,78	43,00	2,15	48,50	2,43	53,50	2,68	58,50	2,93	63,50	3,18	67,00	3,35	72,00	3,60	75,50	3,78
L. extr. sup	14,26	0,68	20,81	1,00	31,92	1,53	40,50	1,94	40,00	1,92	44,00	2,11	48,00	2,30	50,00	2,40	53,00	2,54	54,00	2,59
Talla sentado	35,00	1,75	47,00	2,35	52,50	2,63	55,50	2,78	58,50	2,93	61,50	3,08	64,50	3,23	67,00	3,35	69,50	3,48	72,00	3,60
Envergadura	50,94	2,19	75,96	3,27	89,34	3,84	98,37	4,23	104,48	4,49	109,82	4,72	116,21	5,00	122,36	5,26	128,56	5,53	135,24	5,81
D. biacromial	15,00	0,76	20,00	1,01	21,00	1,06	23,00	1,16	23,70	1,20	24,55	1,24	25,45	1,28	26,70	1,35	27,90	1,41	28,90	1,46
D. torác. trans.	12,00	0,75	15,00	0,93	16,00	1,00	16,60	1,03	17,30	1,08	18,00	1,12	18,60	1,16	19,20	1,20	19,80	1,23	20,30	1,27
D. a-p tórax	10,20	0,80	12,00	0,95	13,00	1,03	13,50	1,06	14,00	1,10	14,50	1,14	14,80	1,17	15,20	1,20	15,50	1,22	16,00	1,26
D. bicrestal	8,95	0,54	13,00	0,79	15,00	0,91	16,15	0,98	17,00	1,03	17,75	1,08	18,20	1,10	19,00	1,15	20,00	1,21	21,00	1,27
D. biepic h.	2,56	0,14	3,41	0,18	3,58	0,19	3,92	0,21	4,04	0,22	4,19	0,23	4,35	0,24	4,58	0,25	4,83	0,26	5,07	0,27
D. biestiloid	2,05	0,11	2,74	0,15	2,88	0,15	3,15	0,17	3,25	0,17	3,37	0,18	3,50	0,19	3,69	0,20	3,90	0,21	4,12	0,22
D. bic. Fém.	3,75	0,19	5,01	0,25	5,26	0,27	5,76	0,29	5,94	0,30	6,16	0,31	6,40	0,32	6,75	0,34	7,12	0,36	7,51	0,38
P. torác. axil.	19,80	1,17	48,00	2,83	50,50	2,98	52,00	3,07	54,00	3,18	55,00	3,24	56,00	3,30	58,00	3,42	60,00	3,54	62,00	3,66
P. umbilical	17,82	1,57	43,20	3,80	45,46	4,00	46,84	4,12	48,68	4,28	49,68	4,37	50,77	4,46	52,97	4,66	55,60	4,89	59,11	5,20
P. brazo cont	10,25	0,83	14,30	1,15	15,25	1,23	15,85	1,28	16,35	1,32	16,60	1,34	17,10	1,38	17,55	1,41	18,20	1,47	18,95	1,53
P. antebrazo	8,76	0,49	12,22	0,69	13,04	0,73	13,56	0,76	14,00	0,79	14,24	0,80	14,72	0,83	15,23	0,85	16,03	0,90	17,19	0,96
P. muslo	8,52	0,65	19,51	1,48	26,46	2,01	30,79	2,33	32,50	2,46	34,50	2,61	35,50	2,69	36,50	2,77	37,50	2,84	39,50	2,99
P. pierna	5,42	0,35	12,51	0,82	17,21	1,12	20,62	1,35	23,00	1,50	24,00	1,57	25,00	1,63	25,00	1,63	26,00	1,70	26,50	1,73
Pl. tríceps	4,56	1,32	11,80	3,43	11,10	3,22	10,40	3,02	9,90	2,87	9,35	2,71	9,05	2,63	8,95	2,60	9,00	2,61	9,45	2,74
Pl. subescap	4,48	1,32	8,20	2,42	6,90	2,03	6,30	1,86	5,95	1,75	5,70	1,68	5,70	1,68	5,65	1,67	5,75	1,69	6,00	1,77
Pl. ileocrestal	6,63	2,01	17,16	5,21	16,14	4,90	15,11	4,59	14,37	4,36	13,53	4,11	13,04	3,96	12,77	3,88	12,59	3,82	12,69	3,85
Pl. abdominal	6,62	2,03	12,11	3,71	10,20	3,12	9,31	2,85	8,81	2,70	8,46	2,59	8,50	2,60	8,51	2,61	8,83	2,70	9,56	2,93
Pl. muslo	8,99	2,78	20,69	6,38	19,46	6,00	18,23	5,63	17,36	5,35	16,39	5,06	15,86	4,89	15,68	4,84	15,75	4,86	16,51	5,09
Pl. pierna	4,17	1,22	7,64	2,23	6,44	1,88	5,89	1,72	5,60	1,63	5,42	1,58	5,54	1,62	5,72	1,67	6,30	1,84	7,57	2,21
Peso (kg)	3,38	0,45	9,76	1,30	12,37	1,65	14,52	1,93	16,43	2,19	18,13	2,41	20,46	2,72	23,00	3,06	25,92	3,45	29,01	3,86

Tabla A.2.(4) **Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 10 y 20 años**

Tabla A.2.(4) **Valores promedio y desviaciones estándar o *Phantom* escalable por edad entre 10 y 20 años**

Edad (años)	10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
Variable (cm)	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S	Valor	S
Talla	140,90	5,21	147,01	5,43	155,23	5,74	159,94	5,91	163,70	6,05	166,72	6,16	167,86	6,20	168,10	6,21	167,86	6,20	168,07	6,21	167,19	6,18
A. trocantérea	76,74	3,84	79,41	3,97	82,53	4,13	86,21	4,31	88,62	4,43	90,89	4,54	90,76	4,54	88,12	4,41	86,61	4,33	86,02	4,30	85,23	4,26
L. extr. sup	59,36	2,84	60,70	2,91	63,08	3,02	65,80	3,15	67,82	3,25	69,77	3,34	71,18	3,41	73,15	3,51	73,98	3,55	74,54	3,57	74,38	3,56
Talla sentado	75,51	3,78	75,89	3,80	79,23	3,97	83,54	4,18	84,18	4,21	86,24	4,32	87,72	4,39	88,33	4,42	88,45	4,43	88,69	4,44	88,28	4,42
Envergadura	148,57	6,39	149,54	6,43	157,90	6,79	166,35	7,15	169,05	7,27	173,87	7,48	172,66	7,42	171,57	7,38	170,67	7,34	170,55	7,33	169,49	7,29
D. biacromial	31,44	1,59	32,11	1,62	33,31	1,68	35,14	1,77	35,51	1,79	36,82	1,86	37,09	1,87	37,60	1,90	38,00	1,92	38,45	1,94	37,81	1,91
D. torác. trans.	22,19	1,38	22,53	1,40	23,99	1,49	25,03	1,56	25,93	1,62	27,38	1,71	28,03	1,75	28,00	1,75	28,10	1,75	28,32	1,77	27,80	1,73
D. a-p tórax	16,68	1,32	16,11	1,27	16,41	1,29	17,72	1,40	18,50	1,46	19,76	1,56	20,35	1,60	18,96	1,50	18,32	1,44	18,11	1,43	17,61	1,39
D. bicrestal	22,20	1,35	22,34	1,36	23,13	1,40	25,21	1,53	24,96	1,51	26,49	1,61	26,84	1,63	27,86	1,69	28,48	1,73	28,99	1,76	28,58	1,73
D. biepic h.	5,69	0,31	5,77	0,31	5,95	0,32	6,24	0,34	6,19	0,33	6,13	0,33	6,06	0,33	6,27	0,34	6,41	0,35	6,52	0,35	6,42	0,35
D. biestiloid	4,66	0,25	4,77	0,26	4,85	0,26	5,20	0,28	5,09	0,27	5,19	0,28	5,23	0,28	5,22	0,28	5,24	0,28	5,29	0,28	5,19	0,28
D. bic. Fém.	8,48	0,43	8,23	0,42	8,51	0,43	9,03	0,46	8,94	0,45	9,21	0,46	9,08	0,46	9,31	0,47	9,46	0,48	9,60	0,48	9,45	0,48
P. torác. axil.	69,45	4,09	69,53	4,10	74,22	4,38	76,80	4,53	78,11	4,61	81,14	4,78	82,19	4,85	78,59	4,63	80,08	4,72	80,98	4,77	80,86	4,77
P. umbilical	69,93	6,15	68,40	6,01	71,61	6,30	74,18	6,52	73,45	6,46	78,27	6,88	77,88	6,85	72,62	6,38	73,03	6,42	73,36	6,45	73,00	6,42
P. brazo cont	22,08	1,78	21,84	1,76	23,31	1,88	25,52	2,06	25,60	2,06	26,52	2,14	26,86	2,16	26,00	2,09	26,65	2,15	27,03	2,18	27,03	2,18
P. antebrazo	21,19	1,19	20,95	1,18	22,31	1,25	23,53	1,32	23,36	1,31	24,09	1,35	24,24	1,36	22,83	1,28	23,09	1,30	23,25	1,30	23,17	1,30
P. muslo	45,21	3,43	44,32	3,36	48,21	3,65	50,40	3,82	51,35	3,89	54,08	4,10	55,08	4,17	51,32	3,89	51,59	3,91	51,81	3,93	51,55	3,91
P. pierna	29,51	1,93	29,64	1,93	31,92	2,08	32,88	2,15	33,84	2,21	35,81	2,34	35,65	2,33	32,83	2,14	32,79	2,14	32,83	2,14	32,61	2,13
Pl. triceps	12,30	3,57	11,49	3,34	12,21	3,55	12,54	3,64	12,50	3,63	12,92	3,75	13,16	3,82	13,50	3,92	13,73	3,98	13,72	3,98	14,69	4,26
Pl. subescap	8,14	2,40	7,11	2,10	9,35	2,76	10,19	3,00	10,00	2,95	11,00	3,24	11,10	3,27	12,15	3,58	12,58	3,71	12,54	3,69	13,77	4,06
Pl. ileocrestal	15,16	4,60	13,46	4,09	13,34	4,05	14,63	4,44	13,81	4,19	14,30	4,34	13,80	4,19	14,63	4,44	13,66	4,15	13,10	3,98	13,10	3,98
Pl. abdominal	13,92	4,26	12,54	3,84	13,08	4,01	14,04	4,30	11,73	3,59	12,88	3,94	11,22	3,44	15,12	4,63	17,11	5,24	17,78	5,45	19,93	6,11
Pl. muslo	21,42	6,61	17,58	5,42	21,32	6,58	19,57	6,04	17,41	5,37	20,38	6,29	18,26	5,63	21,20	6,54	22,81	7,04	23,42	7,23	25,41	7,84
Pl. pierna	12,97	3,79	13,54	3,95	13,92	4,06	13,85	4,04	13,58	3,96	13,40	3,91	11,38	3,32	11,88	3,47	12,00	3,50	11,81	3,45	12,89	3,76
Peso (kg)	38,27	5,10	38,74	5,16	47,90	6,38	54,17	7,21	55,86	7,44	60,14	8,01	61,41	8,18	61,56	8,20	62,51	8,32	63,17	8,41	62,37	8,31

Tabla A.2.(5) Ecuaciones de regresión para las variables utilizadas frecuentemente en proporcionalidad para edades comprendidas entre los 0 y los 20 años

Para calcular el valor de la desviación estándar S multiplicaremos el valor obtenido de nuestra variable por 0,03696

Variable y	Ecuación de escala: x = Edad en años (de 0 a 20 años)
Talla	$y = -2 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0018x^5 - 0{,}0621x^4 + 0{,}9637x^3 - 7{,}1885x^2 + 30{,}143x + 50{,}3$
A. trocantérea	$y = 8 \cdot 10^{-06}x^6 - 0{,}0003x^5 + 0{,}0009x^4 + 0{,}0914x^3 - 1{,}4607x^2 + 12{,}307x + 23$
L. extr. sup	$y = 4 \cdot 10^{-06}x^6 - 0{,}0001x^5 - 0{,}0013x^4 + 0{,}0957x^3 - 1{,}4094x^2 + 10{,}996x + 14{,}26$
Talla sentado	$y = -2 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0011x^5 - 0{,}0317x^4 + 0{,}4459x^3 - 3{,}1957x^2 + 13{,}476x + 35$
Envergadura	$y = -2 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0017x^5 - 0{,}0596x^4 + 0{,}9508x^3 - 7{,}1498x^2 + 30{,}275x + 50{,}94$
D. biacromial	$y = -1 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0007x^5 - 0{,}0202x^4 + 0{,}2651x^3 - 1{,}6855x^2 + 5{,}7915x + 15$
D. torác. trans.	$y = -1 \cdot 10^{-06}x^6 + 0{,}0001x^5 - 0{,}0053x^4 + 0{,}0941x^3 - 0{,}7541x^2 + 3{,}1887x + 12$
D. a-p tórax	$y = 7 \cdot 10^{-06}x^6 - 0{,}0004x^5 + 0{,}0074x^4 - 0{,}0541x^3 + 0{,}0279x^2 + 1{,}397x + 10{,}2$
D. bicrestal	$y = -1 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0007x^5 - 0{,}0169x^4 + 0{,}217x^3 - 1{,}4167x^2 + 5{,}134x + 8{,}95$
D. biepic h.	$y = -4 \cdot 10^{-06}x^6 + 0{,}0002x^5 - 0{,}0061x^4 + 0{,}0727x^3 - 0{,}4075x^2 + 1{,}153x + 2{,}56$
D. biestiloid	$y = -2 \cdot 10^{-06}x^6 + 0{,}0002x^5 - 0{,}0041x^4 + 0{,}0517x^3 - 0{,}3013x^2 + 0{,}8958x + 2{,}05$
D. bic. Fém.	$y = -5 \cdot 10^{-06}x^6 + 0{,}0003x^5 - 0{,}0081x^4 + 0{,}0967x^3 - 0{,}5465x^2 + 1{,}6137x + 3{,}75$
P. torác. axil.	$y = -6 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0044x^5 - 0{,}122x^4 + 1{,}6292x^3 - 10{,}568x^2 + 31{,}716x + 19{,}8$
P. umbilical	$y = -7 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0047x^5 - 0{,}1286x^4 + 1{,}6737x^3 - 10{,}411x^2 + 29{,}746x + 17{,}82$
P. brazo cont	$y = -3 \cdot 10^{-06}x^6 + 0{,}0004x^5 - 0{,}0131x^4 + 0{,}2073x^3 - 1{,}4725x^2 + 4{,}8411x + 10{,}25$
P. antebrazo	$y = -7 \cdot 10^{-06}x^6 + 0{,}0006x^5 - 0{,}0187x^4 + 0{,}2633x^3 - 1{,}6499x^2 + 4{,}6902x + 8{,}76$
P. muslo	$y = 7 \cdot 10^{-06}x^6 - 0{,}0001x^5 - 0{,}0086x^4 + 0{,}2702x^3 - 2{,}825x^2 + 13{,}636x + 8{,}51$
P. pierna	$y = 2 \cdot 10^{-05}x^6 - 0{,}0008x^5 + 0{,}0112x^4 - 0{,}0025x^3 - 1{,}0316x^2 + 7{,}9818x + 5{,}42$
Pl. tríceps	$y = -3 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0018x^5 - 0{,}0482x^4 + 0{,}6031x^3 - 3{,}5829x^2 + 8{,}6951x + 4{,}56$
Pl. subescap	$y = -1 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0008x^5 - 0{,}0214x^4 + 0{,}2803x^3 - 1{,}6897x^2 + 3{,}8743x + 4{,}48$
Pl. ileocrestal	$y = -4 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0025x^5 - 0{,}065x^4 + 0{,}8065x^3 - 4{,}8488x^2 + 12{,}086x + 6{,}63$
Pl. abdominal	$y = -4 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0027x^5 - 0{,}066x^4 + 0{,}7471x^3 - 3{,}8621x^2 + 7{,}5364x + 6{,}62$
Pl. muslo	$y = -6 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0038x^5 - 0{,}0962x^4 + 1{,}144x^3 - 6{,}465x^2 + 14{,}874x + 8{,}99$
Pl. pierna	$y = -2 \cdot 10^{-05}x^6 + 0{,}0015x^5 - 0{,}0414x^4 + 0{,}5104x^3 - 2{,}7369x^2 + 5{,}3018x + 4{,}17$
Peso	$y = 1 \cdot 10^{-05}x^6 - 0{,}0004x^5 - 0{,}0027x^4 + 0{,}1782x^3 - 1{,}6819x^2 + 7{,}3815x + 3{,}38$

Tabla A.3. **Índices Z de referencia para población de raza caucasoide de países industrializados, divididos por sexo y edad**

Índices Z	Hombres			Mujeres		
Variables	18 a 33	34 a 49	50 a 65	18 a 33	34 a 49	50 a 65
A. trocantérea	-0,03	-0,03	-0,02	0,01	0,02	0,03
L. extr. sup	-0,08	-0,02	0,03	-0,05	0,00	0,05
Talla sentado	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
Envergadura	0,02	0,00	-0,02	0,03	0,01	-0,01
D. biacromial	0,22	0,04	-0,15	0,24	0,06	-0,13
D. torác. trans.	0,21	0,04	-0,14	0,23	0,05	-0,12
D. a-p tórax	0,31	0,06	-0,18	0,31	0,06	-0,18
D. bicrestal	0,11	0,00	-0,12	0,18	0,06	-0,05
D. biepic h.	0,23	0,09	-0,04	0,11	-0,03	-0,16
D. biestiloid	0,30	0,10	-0,10	0,20	0,00	-0,20
D. bic. Fém.	0,21	0,05	-0,12	0,20	0,03	-0,13
P. torác. axil.	-0,79	0,07	0,93	-1,38	-0,52	0,34
P. umbilical	-0,50	0,04	0,59	-0,88	-0,33	0,21
P. brazo cont	-0,59	0,06	0,70	-1,04	-0,39	0,25
P. antebrazo	-0,76	0,11	0,99	-1,45	-0,58	0,30
P. muslo	-0,62	0,02	0,65	-0,98	-0,35	0,28
P. pierna	-0,68	0,04	0,76	-1,13	-0,42	0,30
Pl. tríceps	-0,89	-0,81	-0,73	0,75	0,83	0,91
Pl. subescap	-0,93	-0,43	0,07	-0,30	0,20	0,70
Pl. ileocrestal	-1,45	-0,38	0,69	-1,21	-0,14	0,92
Pl. abdominal	-0,95	-0,42	0,10	-0,34	0,18	0,71
Pl. muslo	-0,90	-0,79	-0,69	0,69	0,80	0,91
Pl. pierna	-0,97	-0,48	0,01	-0,24	0,26	0,75
Peso (kg)	0,28	0,38	0,49	-0,57	-0,47	-0,36

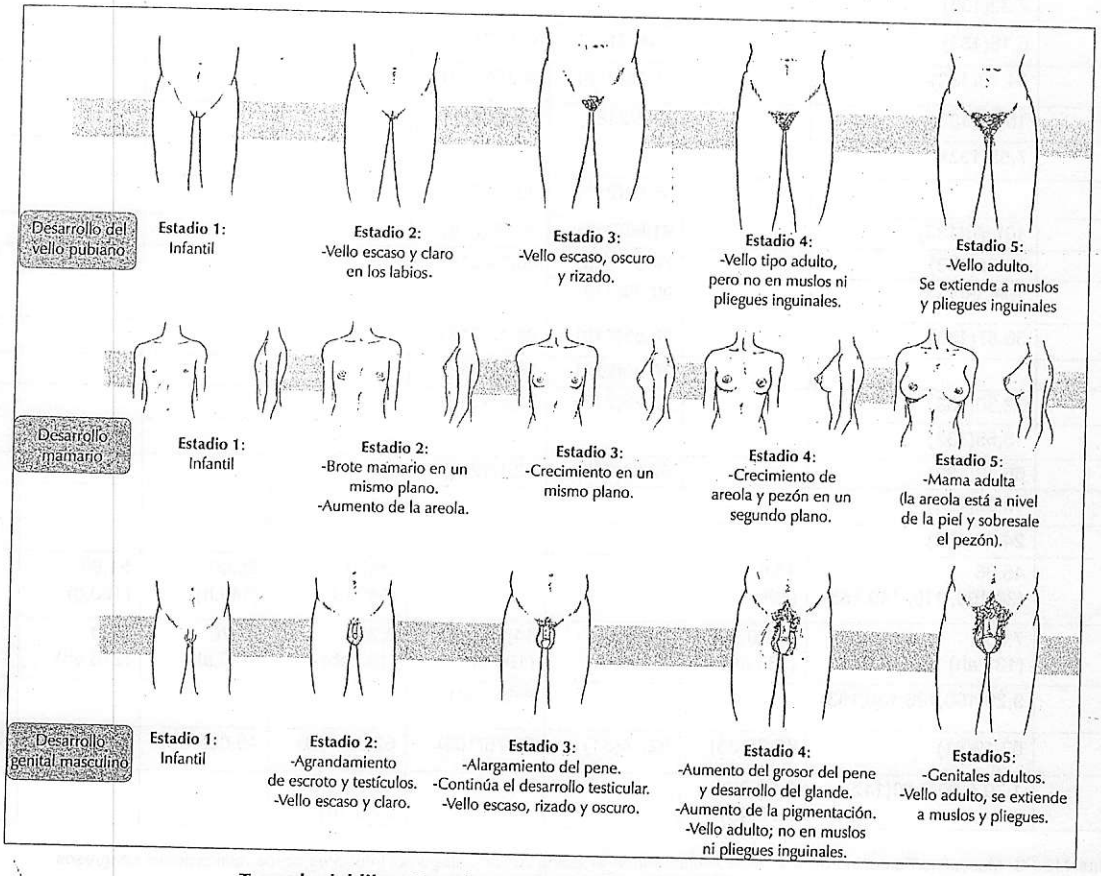
Tabla A.4. **Estadio físico madurativo por dentición**

DIENTES SUPERIORES	DIENTES INFERIORES
1- Incisivo central Aparición D: 8 - 12 meses Caída D: 7 ½ años Aparición P: 7 - 8 años	**1- Incisivo central** Aparición D: 6 - 10 meses Caída D: 6 años Aparición P: 6 - 7 años
2- Incisivo lateral Aparición D: 9 - 13 meses Caída D: 8 años Aparición P: 8 - 9 años	**2- Incisivo lateral** Aparición D: 10 - 16 meses Caída D: 7 años Aparición P: 7 - 8 años
3- Canino Aparición D: 16 - 22 meses Caída D: 11 ½ años Aparición P: 11 - 12 años	**3- Canino** Aparición D: 17 - 23 meses Caída D: 9 ½ años Aparición P: 9 - 10 años
4- Primer molar Aparición D: 13 - 19 meses Caída D: 10 ½ años Aparición P: 10 -11 años	**4- Primer molar** Aparición D: 14 - 18 meses Caída D: 10 años Aparición P: 10 - 12 años
5- Segundo molar Aparición D: 25 - 33 meses Caída D: 10 ½ años Aparición P: 12 - 13 años	**5- Segundo molar** Aparición D: 23 - 31 meses Caída D: 11 años Aparición P: 11 - 13 años
7- Primer premolar Aparición P: 10 - 12 años	**7- Primer premolar** Aparición P: 10 - 12 años
8- Segundo premolar Aparición P: 10 - 12 años	**8- Segundo premolar** Aparición P: 11 - 12 años
6- Tercer molar Aparición P: 17 - 21 años	**6- Tercer molar** Aparición P: 17 - 21 años
D = decidua o temporal ; P = permanente	

Tabla A.5. **Estadios madurativos de Tanner**

MUCHACHOS	MUCHACHAS
Pene Fase 2: 12 años Fase 3: 13 años Fase 4: 14 años	**Mamas** Fase 2: 11 años Fase 3: 12,5 años Fase 4: 13 años
Vello púbico Fase 2: 12,5 años Fase 3: 13,5 años Fase 4: 14,5 años	**Vello púbico** Fase 2: 11,5 años Fase 3: 12,5 años Fase 4: 13 años
Volumen testicular 4 ml: 12 años 12 ml: 14,5 años	**Menarquia** 13 años

Tabla A.5. **Estadios madurativos de Tanner**



Tomada del libro *Desgloses comentados,* CTO Editorial, 2009

Tabla 11.1. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Atletismo)

	A(G)				A(V)				
	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MJ	FJ	MS
p	68,60(81)	50,80(14)	67,45(218)	59,43(106)	68,40(133)	55,50(112)	72,80(97)	47,40(215)	68,00(16
t	177,50(81)	165,40(14)	176,52(218)	167,70(106)	175,40(133)	158,00(112)	179,10(97)	159,30(215)	174,20(1
ts		90,00(cc)		89,53(cc)					
e		172,00(cc)		173,00(cc)					
pls	8,20(81)		8,76(218)	8,25(218)					
pla	6,00(81)		6,88(218)	8,72(218)					
plpp			5,03(218)						
plb	2,90(81)		2,90(81)	5,80(81)					
plt	5,90(81)		7,80(218)	10,88(218)					
plab	3,90(81)		3,90(81)	5,90(81)					
plam	8,50(81)		10,02(218)	10,69(218)					
plse	9,20(81)		9,20(218)	9,72(218)					
plm	9,30(81)		8,53(218)	12,62(218)					
plp	5,50(81)		7,85(218)	10,56(218)					
db	43,34(133)								
dtt	32,55(133)								
dbc	30,18(133)		26,93(218)	26,89(218)					
dh	7,32(133)								
de	6,18(133)		5,49(218)	4,91(218)					
dt	34,73(133)		31,28(218)	30,09(218)					
df	10,07(133)		9,40(218)	8,65(218)					
dml	7,53(133)								
pcll			35,92(218)	30,42(218)					
pt	107,76(133)		91,68(218)	83,05(218)					
pu	93,65(133)		74,61(218)	68,55(218)					
pcd	108,35(133)		90,09(218)	88,17(218)					
pbr	36,87(133)		26,85(218)	23,12(218)					
pbc			30,99(218)	25,76(218)					
pa	32,50(133)		26,25(218)	22,65(218)					
pm	18,55(133)								
pml	66,13(133)		52,88(218)	52,11(218)					
pp	40,02(133)								
pt	24,68(133)								
sp	45,36 (20,100, 116, 149,163)	48,6 (19k)			36,50 (149,h)	55,00 (149,h)	51,96 (100,g)		38,00 (163,g)
%g	7,00 (133,ah)	15,00 (133,ah)	9,05 (218,s)	14,32 (106,s)	8,20 (133,ah)	13,70 (133,ah)	8,30 (216,ah)	15,50 (133,s)	4,80 (163,ah)
mg	9,29(100,106,130,163)			8,66(106)				8,87(133)	3,26(163)
mmg	62,19(81)	46,8(133)	62,14(81)	50,76(106)	62,80(133)	49,00(133)		46,23(133)	64,74(163
s	1.70-5.00-2.90(142)	2.50-3.25-3.75(45)			1.70-5.20-2.30(10)				1.40-4.20-3.70(149)

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos.
∑Pliegues:b(4=b+t+sb+se),d(5=sb+se+t+m+p),e(5=t+b+sb+se+p),g(6=sb+t+ab+se+m+p),h(6=t+sb+b+se+ab+p),k(6=m1+m2+t+sb+se+a),q(pliegues no mencionados).
a=axilar,pp=pectoral,t=triceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal.
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),ac(Siri),ae(Sloan),ah(No mencionada).
Peso(Kg) = p,Talla (cm) = t,Talla Sentado (m) = ts, Envergadura (cm) = e, Pliegue Subescapular(mm)=pls, Pliegue Axilar(mm)=pla, Pliegue Pectoral(mm)=plpp,Pliegue Bíceps (mm) = plb, Pliegue Tríceps (mm) = plt, Pliegue Antebrazo (mm) = plab , Pliegue Abdominal (mm) = plam, Pliegue Supraespinal (mm) = plse, Pliegue Mus-

lo Anterior(m
Diámetro Biepicor
Bimaleolar(cm)=
Brazo Relaja
Pierna(cm) =

A(ME)				A(F)			
MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MJ	FJ
68,00(163)	55,90(8)	66,80(97)	53,00(125)	47,20(78)	55,40(55)	58,30(130	50,10(130)
174,20(163)	164,80(8)	178,10(97)	161,50(125)	161,00(78)	166,80(55)	171,20(130)	159,30(130)
							86,58(140)
	6,508116)			7,60(10)			
				3,60(10)			
	9,80(116)			5,40(10)			
	6,50(116)						
				3,60(10)			
	13,30(116)						
	7,70(116)			4,50(10)			
							38,00(140)
							30,00(140)
				6,70(10)			
				9,60(10)			
				29,40(10)			
				36,80(10)			
38,00 (163,g)	50,10 (116,d)	48,96 (100,g)		24,60 (10,e)	65,00 (52,k)		19,70 (11b)
4,80 (163,ah)	12,22 (55,ah)		19,10 (125,,ae)	6,60 (17,ah)	16,00 (17,ah)	20,78 (237,s)	12,10 (11,ac)
3,26(163)				5,20(10)	9,80(cc)	7,20(130)	13,20(130)
64,74(163)				38,95(78)	45,60(133)	48,40(130)	34,60(130)
1.40-4.20-3.70(149)	2.20-3.50-3.30(116)			1.50-4.60-3.60(35)	2.60-3.30-3.60(13)		

lo Anterior(mm) = plm, Pliegue Medial Pierna (mm) = plp, Diámetro Biacromial (cm) = db, Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc, Diámetro Biepicondileo Húmero (cm) = dh,Diámetro Biestiloideo (cm) = de, Diámetro Bitrocantéreo (cm) = dt, Diámetro Bicondileo Fémur (cm) = df, Diámetro Bimaleolar(cm)= dml, Perímetro Cuello (cm) = pcll, Perímetro Torácico-Axilar (cm) = pt, Perímetro Umbilical (cm) = pu, Perímetro Cadera (cm) = pcd, Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa, Perímetro Muñeca (cm)= pm, Perímetro Muslo (cm) = pml, Perímetro Pierna(cm) = pp, Perímetro Tobillo(cm) = pt, Suma de Pliegues(mm) = sp, % Grasa = % g, Masa Grasa (Kg) = mg, Masa Magra (Kg) = mmg , Somatotipo = s

Tabla 11.2. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Atletismo)

	A(M)			A(MCH)			A(VLL)			
	MS	FS	MJ	MS	FS	MS	FS	FJ	MS	FS
p	63,10(133)	52,60(133)	57.40(241)	68.10(241)	51,70(243)	66,80(241)	54,00(237)	54,00(237)	110,00(148)	80,80(23
t	178,40(133)	172,70(133)	172.70 (241)	176.20 (241)	163,40 (243)	179,90 (241)	166,50 (237)	166,50(237)	192,00(148)	173,19(2)
ts										90(cc)
e										172,00(c
pls	8,20(81)	6,50(13)								
plb		3,90(13)								
plt		7,80(13)							11,80(213)	
plam									26,13(133)	
plse		4,50(13)							24,50(133)	
plm									15,68(133)	
plp		6,60(13)							10,20(213)	
db									40,40(213)	
dtt									32,55(133)	
dbc									28,40(213)	
dh		6,00(13)							7,20(213)	
de									6,18(133)	
dt									34,73(133)	
df		8,40(13)							9,90(213)	
dml									7,53(133)	
pt									90,90(213)	
pu									93,65(133)	
pcd									108,35(133)	
pbr		22,60(13)							40,40(133)	
pa									32,50(133)	
pm									18,55(133)	
pml									66,13(133)	
pp		33,90(13)							36,10(213)	
pt									24,68(133)	
sp	45,00 (133,q)	29,30(13,e)		37,00(149,h)	55,00 (149,h)				86,00(149,h)	
%g	8,20 (186,ah)	5,90 (133,ah)	10.90 (241,ac)	7,30 (241,ac)	18,10 (243,ac)	8,30 (241,ac)	10,90 (237,ah)	10,90 (237,ah)	14,125 (51,59,133,216	24,00 (51,s)
mg	1,35(133)	3,10(133)								
mmg	59,82 (133)	49,50 (133					49,00 (133)		70,70(133)	52,50(13
s		2.80-3.60-4.60(13)							3.30-6.70-1.60(10)	

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:e(5=t+b+sb+se+p),h(6=t+sb+b+se+ab+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailiaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),ac(Siri),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Envergadura(cm)=e,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Antebrazo(mm)=plab,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml, Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Cadera(cm)=pcd,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Antebrazo (cm)=pa,Perímetro Muñeca(cm)=pm,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Perímetro Tobillo(cm)=pt,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Atletismo (Maratón)=A(M),(Marcha)=A(MCH),(Vallas)=A(VLL),(Lanzamientos,General)=A(LG),(Disco)=A(DC),(Peso)=A(P),(Martillo)=A(MT)

A(LG)		A(DC)			A(P)		A(MT)		
FS	MJ	FJ	MS	FS	MS	FS	MS	FS	FJ
80,80(237)	87,30(216)	80,80(237)	108,20(133)	1,00(133)	112,30(133)	78,10(133)	104,20(133)	85.80(cc)	82.60(cc)
173,19(237)	184,10(216)	173,19(237)	191,70(133)		187,00(133)		187,30(133)	172,00(cc)	170,00(cc)
90(cc)		91,00(cc)						90,00(cc)	91,00(cc)
172,00(cc)		173,00(cc)						172(cc)	173,00(cc)
			18,00(133		23,80(133)		21,50(133)		
			13,00(133)		15,00(133)		12,70(133		
			25,60(133)		31,40(133)		29,10(133)		
			24,63(133)		29,60(133)		27,40(133)		
			16,40(133		15,70(133)		17,30(133)		
			44,50(133)		43,80(133)		44,80(133)		
			33,10(133)		33,70(133)		32,60(133)		
			31,30(133)		31,20(133)		30,40(133)		
			7,60(133)		7,60(133)		7,20(133)		
			6,30(133)		6,20(133)		6,20(133)		
			35,50(133)		34,90(133)		34,80(133)		
			10,20(133)		10,50(133)		10,20(133)		
			7,60(133)		7,60(133)		7,40(133)		
			113,50(133)		118,50(133)		111,30(133)		
			94,10(133)		99,10(133)		94,80(133)		
			110,40(133)		112,30(133)		108,70(133)		
			41,80(133)		42,20(133)		39,90(133)		
			33,10(133)		33,70(133)		32,40(133)		
			18,70(133)		18,90(133)		18,40(133)		
			66,30(133)		69,40(133)		67,30(133)		
			42,60(133)		43,60(133)		41,50(133)		
			25,40(133)		24,90(133)		24,30(133)		
	87,89(100,g)								
24,00 (51,s)	13,90 (216,ah)	22,00 (216,ah)	16,40 (59,ah)	25,00 (133,ah)	16,50 (59,ah)	28,00 (133,ah)	15,00 (133,ah)		
			14,20(133)		15,20(133)		14,80(133)		
52,50(133)			89,90(59)	53,20(133)	97,80(133)	56,20(133)	88,00(133)		
							3.30-6.70-1.60(10)		

Tabla 11.3. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Atletismo-Bádminton-Baloncesto)

	A(J)	A(SG)				A(L)		A(D)	
	MS	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MS	MS
p	90,60(133)	75,50(163)	57,10(216)	75,50(97)	57,10(216)	74,00(148)	63,50(149)	84.74(62)	71,20(240
t	186,00(133)	185,00(163)	173,60(216)	181,60(97)	173,60(216)	183,00(148)	169,90(149)	183.86(62)	180,00(24
ts									
e									
ai									
les									
lb									
lab									
lm									
lei									
lml									
lp									
lpe									
pls	12,50(133)								
pla									
plpp									
plb									
plt	11,90(133)								
plab									
plam	18,40(133)								
plse	17,00(133)								
plm	13,30(133)								
plp									
db	43,20(133)								
dtt	30,80(133)								
dapt									
dbc	29,60(133)								
dh	7,60(133)								
de	6,00(133)								
dm									
dt	33,70(133)								
df	10,00(133)								
dml	7,50(133)								
pt	104,60(133)								
pu	86,60(133)								
pcd	102,00(133)								
pbr	37,70(133)	32.18(213)		32.18(213)					
pbc									
pa	30,80(133)								
pm	18,20(133)								
pml	61,50(133)								
pp	39,50(133)	35.80(213)		35.80(213)					
pt	24,10(133)								

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Envergadura(cm)=e,Altura Ileoespinal(cm)=ai,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=
lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab,Longitud Mano(cm)=lm,Longitud Total MMII(cm)=lei,Longitud Muslo(cm)=lml,Longitud Pierna(cm)=lp,Longitud Pie(cm)=
lpe,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Axilar(mm)=pla,Pliegue Pectoral(mm)=plpp,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue
Antebrazo(mm)=plab,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=
plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Ap Tórax(cm)=dapt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo
Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro transverso Mano(cm)=dm,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=
df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Cadera(cm)=pcd,Perímetro Brazo Relajado(cm)
=pbr,Perímetro Brazo Contraído(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muñeca(cm)=pm,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=
pp,Perímetro Tobillo(cm)=pt

Atletismo (Jabalina)=A(J),(Saltos,General)=A(SG),(Longitud)=A(L),(Decatlón)=A(D)
Bádminton (Morfotipo,General)=B(G)
Baloncesto (Morfotipo,General)=B(G)

B(G)			BC(G)			
MS	FS	FJ	MS	FS	MJ	FJ
71,20(240)	62,60(196)	70,02(106)	76.70(159)	73.50(148)	95.50(6)	63,60(9)
180,00(240)	169,10(196)	177,70(131)	185.60(159)	181.60(148)	199.50(6)	170,60(9)
			93,30(205)		91,36(205)	87,00(9)
				187,53(1)		
			92,30(205)		87,35(205)	
			85,00(205)		81,61(205)	65,60(9)
			35,60(205)	35,40(1)	34,00(205)	
			27,80(205)	27,30(1)	26,77(205)	
			21,50(205)	19,93(1)	20,84(205)	
						84,30(9)
			44,30(205)	48,57(1)	44,19(205)	
			43,10(205)	48,13(1)	41,21(205)	
			29,10(205)	26,10(1)	27,47(205)	
			8,86(110)		9,54(205)	9,60(9)
			5,09(110)		6,59(205)	9,36(221)
			7,15(144)		6,53(205)	11,36(221)
			3,21(144)		3,85(205)	6,00(9)
			5,80(110)		7,71(205)	12,60(9)
			4,83(144)		4,78(205)	
						14,26(221)
			13,27(144)		8,73(205)	10,30(9)
			7,97(110)		8,43(205)	23,00(9)
			5,40(110)		5,89(205)	12,50(9)
			40,00(205)	38,93(1)	39,2(205)	39,40(9)
			27,30(205)	27,90(1)	26,4(205)	
			20,80(205)		19,11(205)	
			29,10(205)	29,10(1)	27,85(205)	32,90(9)
			7,40(205)	6,73(1)	6,99(205)	6,40(9)
			5,60(110)			
						17,40(9)
			30,39(110)			
			10,40(205)	9,57(1)	9,65(205)	9,40(9)
			7,29(110)			
			95,10(205)	91,43(1)	87,03(205)	84,70(9)
				74,93(1)		75,80(9)
				101,67(1)		91,16(221)
			28,22(205)		29.60(207)	25,70(9)
				29,85(1)		27,30(9)
			26,82(205)	25,55(1)	29.10(207)	
			53,3(205)	60,50(1)	54.70(207)	69,54(221)
			36,82(205)	37,70(1)	37.30(207)	35,50(9)

Tabla 11.3.Bis. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento-Composición corporal (Atletismo-Bádminton-Baloncesto)

	A(J)	A(SG)				A(L)		A(D)
	MS	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MS
sp		53,25(100,g)		53,25(100,g)				42,50(14)
%g	8,60(133,ah)	12.36(213,w)	12,90(216,ah)"	12.36(213,w)	17,10(198,ah)	8,00(133,ah)	11,00(133,ah)	8,40(240,ah)
%m								
mg	7,40(133)							
mm								
mmg	82,00(133)	68,20(163)	51,70(133)					67,10(133
s		1.73-5.33-.93(133)		1.76-4.45-3.24(213)		2.10-5.70-2.80(10)		

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:h(6=t+sb+b+se+ab+p),i(6=b+t+se+sb+m+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailiaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),w(Durnin y Womersley),z(Jackson y Pollock),aa(Mayhew),b (BIA), ah(No mencionada)

Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,% Muscular=%m,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Muscular(Kg)=mm,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Atletismo (Jabalina)=A(J),(Saltos,General)=A(SG),(Longitud)=A(L),(Decatlón)=A(D)
Bádminton (Morfotipo,General)=B(G)
Baloncesto (Morfotipo,General)=BC(G)

	A(D)	B(G)			BC(G)			
	MS	MS	FS	FJ	MS	FS	MJ	FJ
	42,50(149,h)		81,00(149,h)		46,00(149,h)	76,00(149,h)	79.10(207,q)	73,70(9,i)
33,ah)	8,40(240,ah)	12,80(240,ah)	21,00(240,ah)	20,36(106,s)	8.90(159,ah)	15,80(176,s)	11.40(6,aa)	18,00(9,z)
					50,93(132)	43,3 0 (cc)	60,44(210)	
				14,34(106)		9,90(176)	11.00(6)	11,50(9)
							54.70(207)	
	67,10(133)		49,50(196)	55,68(106)	86.73(159)	58.43(209)	81,60(210)	52,10(9)
					3.00-3.70-3.50(159)	4.00-3.50-2.70(176)	2.80-4,75-3,55(35)	3.60-4.10-3.20(9)

Tabla 11.4. **Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Baloncesto-Balonmano)**

	BC(B)			BC(A)			
	MS	FS	MJ	MS	FS	MJ	MS
p	83.60(159)	66,10(1)	88.03(6)	96.90(159)	73,30(1)	99.78(6)	109.20(15
t	188,00(159)	173,70(1)	193.83(6)	200.60(159)	184,70(1)	203.25(6)	214,00(15
ts			83,20(205)			88,40(205)	
e		178,60(1)			190,20(1)		
les			61,40(205)			67,80(205)	
lb		33,40(1)			36,00(1)		
lab		25,80(1)			27,90(1)		
lm		19,10(1)			20,00(1)		
lei			80,50(205)			84,60(205)	
lml		46,00(1)			49,40(1)		
lp		44,90(1)			48,00(1)		
lpe		26,10(1)					
pls							
plt							
pli							
plse							
plp							
db		37,60(1)	39,40(205)		39,10(1)	38,40(205)	
dtt		27,30(1)			27,80(1)		
dbc		28,00(1)	30,90(205)		28,80(1)	33,5(9)	
dh		6,40(1)	6,40(205)		6,80(1)	6,30(205)	
dm			16,50(205)			18,10(205)	
df		9,20(1)	9,30(205)		9,60(1)	9,30(205)	
pt		89,20(1)	83,20(205)		90,90(1)	84,40(205)	
pu		73,00(1)	72,30(205)		73,70(1)	76,40(205)	
pcd		97,90(1)			101,10(1)		
pbr			25,80(205)			25,20(205)	
pbc		29,00(1)	27,40(205)		29,40(1)	26,30(205)	
pa		24,60(1)			25,20(1)		
pml		58,60(1)			60,10(1)		
pp		36,40(1)	34,90(205)		37,60(1)	35,10(205)	
sp		62,20(203,f)	70,80(205,q)		80,50(203,f)	69,10(205,q)	
%g	10.60(159,ah)	17.20(209,ah)	10.30(6,aa)	9,00(159,ah)	17.70(209,ah)	11.78(6,aa)	7.10(144,
%m							
%o							
mg			9.08(131)			11.80(6)	
mmg	72.90(159)	52,00(209)	47,5(205)	86.60(159)	59.90(209)	52,40(205)	100.70(15
s	3.90-3.20-1.90(231)		3.40-4.90-2.60(205)	3.85-3.20-2.15(231)		3.50-3.80-3.40(205)	3.80-3.20-2.20(231

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:c(4=t+sb+se+p),f(5=t+b+se+ab+p),g(6=sb+t+ab+se+m+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=triceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:z(Jackson y Pollock),aa(Mayhew),ae(Sloan),y(Faulkner),ah(No mencionada)
Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Envergadura(cm)=e,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab,Longitud Mano(cm)=lm,Longitud Total MMII(cm)=lei,Longitud Muslo(cm)=lml,Longitud Pierna(cm)=lp,Longitud Pie(cm)=lpe,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Triceps(mm)=plt,Pliegue Suprailíaco(mm)=pli,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro transverso Mano(cm)=dm,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Cadera(cm)=pcd,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraído(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,% Muscular=%m,% Oseo=%o,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Baloncesto (Base)=BC(B),(Alero)=BC(A),(Pivot)=BC(P)
Balonmano (Morfotipo,General)=BM(G),(Portero)=BM(P),(Lateral)=BM(L),(Extremo)=BM(E),(Pivote)=BM(PV), (Central)=BM(C)
Béisbol (Morfotipo General)=BB(G)

BC(P)			BM(G)		
MS	FS	MJ	MS	FS	MJ
109.20(159)	82,60(1)	104.90(6)	75.20(128)	170,80(88)	79,92(227)
214,00(159)	189,80(1)	206,00(6)	180.40(128)	64,60(88)	186,02(227)
		90,80(205)			
	193,80(1)				177,68(227)
		68,80(205)			
	36,80(1)				
	28,20(1)				
	20,70(1)				
		89,20(205)			
	50,30(1)				
	51,50(1)				
			14,90(143)		
			10,60(143)		
			12,60(143)		
			8,70(143)		
	40,10(1)	40,80(205)			
	28,60(1)				
	30,50(1)	35,00(205)			
	7,00(1)	6,60(205)			
		17,90(205)			24,14(227)
	9,90(1)	9,60(205)			
	94,20(1)	87,20(205)			
	78,1(1)	79,90(205)			
	106,00(1)				
		26,30(205)	31,80(143)		
	30,30(1)	28,50(205)			
	25,90(1)				
	62,80(1)				
	39,10(1)	36,70(205)			
	79,80(203,f)	83,20(205,q)	38,10(143,c)		94,60(227,g)
7.10(144,ah)	18.20(209,ah)	13.07(6,aa)	7.80(128,ae)	20,80(88,ah)	19,53(227,y)
				39,60(88)	
		13.77(6)			
100.70(159)	63.4(209)	58,10(205)			
3.80-3.20-2.20(231)		4.10-3.50-3.70(205)	2.40-5.60-2.60(10)	4.20-4.70-1.80(15)	4.61-5.64-1.88(227)

Tabla 11.4. Bis. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Balonmano-Béisbol)

	BM(L)		BM(E)		BM(P)		
	MS	MJ	MS	MJ	MS	MJ	MS
p		90,80(227)		73,00(227)	95,20(77)	76,30(227)	
t		193,60(227)		182,00(227)	188,70(77)	185,00(227)	
ts							
e		180,03(227)		177,26(227)		175,27(227)	
les							
lb							
lab							
lm							
lei							
lml							
lp							
lpe							
pls							
plt							
pli							
plse							
plp							
db							
dtt							
dbc							
dh							
dm		24,31(227)		23,76(227)		24,27(227)	
df							
pt							
pu							
pcd							
pbr							
pbc							
pa							
pml							
pp							
sp					75,11(227,g)	148,94(227,g)	
%g	11,66(3,y)	11,66(3,y)	10,21(3,y)	10,21(3,y)	21,32(227,y)	22,24(227,y)	11,79(3,y)
%m	49,14(2)	49,14(2)	49,04(2)	49,04(2)	47,62(2)		48,76(2)
%o	15,07(2)	15,07(2)	16,61(2)	16,61(2)	14,98(2)		15,12(2)
mg							
mmg					73,10(163)	83,80(163)	
s	2.27-6.64-1.53(2)	2.27-6.64-1.53(2)	1.94-5.28-2.49(2)	1.94-5.28-2.49(2)	3.13-4.73-3.04(227)	3.18-4.89-2.47(31)	2.44-6.16-1.73

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:c(4=t+sb+se+p),f(5=t+b+se+ab+p),g(6=sb+t+ab+se+m+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:z(Jackson y Pollock),aa(Mayhew),ae(Sloan),y(Faulkner),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Envergadura(cm)=e,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab,Longitud Mano(cm)=lm,Longitud Total MMII(cm)=lei,Longitud Muslo(cm)=lml,Longitud Pierna(cm)=lp,Longitud Pie(cm)=lpe,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Suprailíaco(mm)=pli,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro transverso Mano(cm)=dm,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Cadera(cm)=pcd,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,% Muscular=%m,% Oseo=%o,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Baloncesto (Base)=B(B),(Alero)=B(A),(Pivot)=B(P)
Balonmano (Morfotipo,General)=BM(G),(Portero)=BM(P),(Lateral)=BM(L),(Extremo)=BM(E),(Pivote)=BM(PV), (Central)=BM(C)
Béisbol (Morfotipo General)=BB(G)

BM(PV)		BM(C)	BB(G)	
MS	MJ	MJ	MS	MJ
	89,50(227)	70,00(227)	88,00(34)	79,10(34)
	194,50(227)	175,00(227)	185,00(34)	180,90(34)
	181,42(227)	174,44(227)		
				12,50(34)
				12,60(34)
				21,50(34)
				7,70(34)
				7,20(34)
	25,55(227)	22,80(227)		
				9,80(34)
				33,80(34)
				38,10(34)
	101,32(227,g)	63,74(227,g)		44,80(34,c)
11,79(3,y)	20,82(227,y)	14,40(227,y)	12,00(34,ah)	12,50(34,z)
48,76(2)				46.42(cc)
15,12(2)				16.97(cc)
			74,20(133)	69,10(34)
2.44-6.16-1.73(2)	5.51-5.99-1.24(227)	4.52-5.97-1.79(227)	3.80-5.00-2.70(34)	4.62-5.04-2.33(34)

Tabla 11.5. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Béisbol-Boxeo-Ciclismo)

	BB(P)			BB(1B)	BB(2B)	BB(3B)		
	MS	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MS
p	87,60(73)	80,10(34)	80,70(34)	84,40(34)	71,00(34)	78,00(34)	77,50(34)	
t	189,23(73)	183,50(34)	179,70(34)	185,20(34)	175,30(34)	177,80(34)	181,90(34)	
pls		12,70(34)	14,10(34)	12,20(34)	12,60(34)	12,50(34)	10,90(34)	
plpp								
plt		13,20(34)	13,40(34)	11,80(34)	12,70(34)	14,30(34)	12,10(34)	
plam								
pli		21,60(34)	23,44(34)	23,60(34)	21,60(34)	22,60(34)	19,60(34)	
plm								
plp		8,00(34)	7,80(34)	7,90(34)	7,00(34)	8,57(34)	6,90(34)	
db								
dbc								
dh		7,30(34)	7,20(34)	7,40(34)	7,00(34)	7,30(34)	7,10(34)	
df		9,90(34)	10,00(34)	10,10(34)	9,50(34)	9,90(34)	9,60(34)	
pt								
pu								
pbr		33,60(34)	34,10(34)	34,60(34)	32,20(34)	34,00(34)	33,40(34)	
pbc								
pa								
pm								
pml								
pp		38,10(34)	38,70(34)	38,80(34)	36,90(34)	38,00(34)	37,30(34)	
sp		44,90(32,c)	48,80(34,c)	45,10(34,c)	45,80(34,c)	45,70(34,c)	43,70(34,c)	
%g	14.70(10,ah)	12,50(32,z)	13,70(34,z)	12,70(34,z)	12,90(34,z)	12,70(34,z)	12,10(34,z)	9.90(10,ah)
mmg		70,00(34)	69,60(34)	73,60(34)	61,70(34)	68,10(34)	68,00(34)	
s		4.69-4.73-2.63(34)	5.00-5.35-1.93(34)	4.71-5.10-2.37(34)	4.63-4.92-2.46(34)	4.80-5.55-1.96(34)	4.31-4.48-2.68(34)	

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:c(4=t+sb+se+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
cc=comunicaciones congresos
Fórmulas %Grasa:v(Durnin y Ramahan),z(Jackson y Pollock),ab(Parizkova),ag(Yuhasz),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Axilar(mm)=pla,Pliegue Pectoral(mm)=plp,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Suprailíaco(mm)=pli,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muñeca(cm)=pm,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Béisbol (Pitchers)=BB(P),(1,2,3 Base)=BB(1B,2B,3B),(Shortstop)=BB(SS),(Outfield)=BB(O)
Boxeo (Peso Medio)=BX(MD)
Ciclismo (Morfotipo,General)=C(G),(Ruta)=C(R)

BB(O)		BX(MD)	G(G)			C(R)	
MS	MJ	MS	MS	FS	MJ	MS	MJ
	78,20(34)	77,40(83)	70,55(23)	55,00(116)		72,00(199)	66,3(234)
	178,70(34)	177,10(83)	180,30(23)	165,00(116)		180,00(199)	175,00(234)
	11,90(34)					8,10(234)	
						6,50(234)	
	11,20(34)					7,00(234)	
						7,10(234)	
	19,70(34)					8,20(234)	
						7,50(234)	
	7,10(34)					8,40(234)	
		45.20(103)					
		27.50(103)					
	7,20(34)	8.90(103)					
	9,70(34)	10.10(103)					
		90.30(103)					
		69.70(103)					
	34,10(34)						
		38.20(103)					
		29.30(103)					
		17,60(83)					
		55.40(103)					
	38,30(34)	35.20(103)					
	41,90(34,c)					44,50(117,q)	
9.90(10,ah)	11,70(34,z)	14,50(83,v)	8.70(69,z)	15.40(23,ah)	7,00(61,z)	7,60(86,ag)	12,70(234,ab)
	69,40(34)	52.60(103)				61,09(161)	56,70(161)
	4.31-5.33-2.06(34)	2.45-3.18-4.24(103)	1.80-5.00-2.80(149)			1.90-5.00-3.50(149)	

Tabla 11.6. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Ciclismo-Esgrima-Fútbol)

	C(P)	C(CR)		C(MB)		E(G)		
	MS	MS	FS	MS	MJ	MS	FS	MS
p	72,5(134)	76,00(149)	55,00(149)	60,24(206)	62,94(206)		57,00(149)	71.50(. .)
t	178,00(134)	186,30(134)	165,00(149)	168,05(206)	172,48(206)		164,00(35)	179,00(75)
ts	91,60(134)							
ai								
at	90,30(134)							
atb	46,80(134)							
les	60,70(134)							
lb	35,10(134)							94.30(8)
lab	25,60(134)							
lei								
lpe	27,40(134)							86.60(8)
pls								
pla								14.60(8)
plpp								7,30(81)
plb								
plt								5.70(8
plab								11.50(82)
plam								4,50(81)
plse								10,70(8
plm								10.20(,
plp								10,90(81)
db	40,20(134)							6,30(81
dbc	28,70(134)							32.50(1)
dh	7,10(134)							22.80(188)
de								
dt								
df	10,00(134)							
dml								
pt	95,00(134)							
pu	76,60(134)							
pbr.	31,70(134)							
pml	55,70(134)							29,30(143)
pp	36,80(134)							
sp	56,30(134,o)			33,90(117,q)				
%g		7,50(134,ah)	13,50(149,ah)	11,49(206,ah)	11,92(206,ah)	10,00(238,ah)	13,00(238,ah)	47,50(149,h)
%m				54,31(206)	49,89(206)			11,56(81,s)
mg								48,00 (c
mmg								
s	2.30-4-90-2.70(134)	2.10-3.60-3.40(134)						63,00(82)
								3.00-5.0 .5

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:h(6=t+sb+b+se+ab+p),l(7=b+t+sb+se+m+p1+p2),o(8=b+t+sb+se+ic+ab+m+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),w(Durnin y Womersley),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Altura Ileoespinal(cm)=ai,Altura Trocantérea(cm)=at,Altura Tibial(cm)=atb,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab,Longitud Total MMII(cm)=lei,Longitud Pie(cm)=lpe,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Axilar(mm)=pla,Pliegue Pectoral(mm)=plpp,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Antebrazo(mm)=plab,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,% Músculo=%m,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Ciclismo (Pista)=C(P),(Contrareloj)=C(CR),(Mountain Bike)=C(MB)
Esgrima (Morfotipo,General)=E(G)
Fútbol (General)=F(G), (Portero)=F, (Defensa)=F(D)

F(G)				F(P)		F(D)	
MS	FS	MJ	FJ	MS	MJ	MS	MJ
71.50(75)	63.20(173)	72.65(16)	59.50(171)	86,10(54)	80.80(16)	79,35(54)	72.50(16)
179,00(75)	169,00(173)	176.92(16)	164.8(171)		180.30(16)		176.80(16)
		87,40(109)					
		81,80(109)					
94.30(188)							
86.60(188)							
14.60(82)		17,59(109)					
7,30(81)		14,79(109)					
		14,64(109)					
5.70(82)		11,32(109)					
11.50(82)		14,98(109)					
4,50(81)							
10,70(81)							
10.20(82)		16,16(109)					
10,90(81)		16,82(109)					
6,30(81)		14,32(109)					
32.50(188)		37,75(109)					
22.80(188)		25,55(109)					
		6,50(cc)					
		5,45(109)					
		29,6(109)					
		9,4(cc)					
		7,05(109)					
		82,35(109)					
29,30(143)		22,2(cc)					
		48,5(cc)					
		33,45(109)					
47,50(149,h)	80,00(149,h)	47,90(170,l)					
11,56(81,s)	21.10(54,w)	13,50(70,ah)	19.70(171,ah)	13,30(54,w)	16.90(16,ah)	10,75(54,w)	14.70(16,ah)
48,00 (cc)							
	15,80(71)						
63,00(82)	45,10(71)	61.45(16)			67,00(16)		61.80(16)
3.00-5.00-2.50(200)	3.07-3.55-2.43(30)	1.90-4.70-2.50(233)			3.50-5.00-2.00 (16)		3.00-5.00-2.50 (16)

Pliegue Medial Pierna(mm)					4.70(48)	7.10(48)	6,10(81)		9.40(47)
Diámetro Biacromial(cm)					38.50(48)	33.70(48)	39.20(60)		29.20(47)
Diámetro transverso Tórax(cm)									
Diámetro Ap Tórax(cm)									
Diámetro Biileocrestal(cm)					26.30(48)	24.50(48)			20.20(47)
Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)					7,00(48)	6,00(48)			5.20(47)
Diámetro Biestiloideo(cm)						5.40(151)			
Diámetro transverso Mano(cm)									
Diámetro Bitrocantéreo(cm)									
Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)					9.20(48)	8.30(48)			7.50(47)
Diámetro Bimaleolar(cm)						6.80(151)			
Perímetro Cefálico(cm)									
Perímetro Torácico-Axilar(cm)					95,10(133)	83,50(133)			
Perímetro Umbilical(cm)					72,80(133)	63,20(133)			540(47)
Perímetro Cadera(cm)									66.90(47)
Perímetro Brazo Relajado(cm)					30,70(133)	25.60(48)	27.93(24)		18.20(72)
Perímetro Brazo Contraido(cm)					33,90(133)	26.80(151)			20.70(47)
Perímetro Antebrazo(cm)					27.50(48)	22.50(48)			18.80(47)
Perímetro Muñeca(cm)									
Perímetro Muslo(cm)					51,00(48)	47.30(48)			39.70(47)
Perímetro Pierna(cm)					34.70(48)	31.80(48)			26.50(47)
Perímetro Tobillo(cm)									

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
Fútbol (Medio)=F(M),(Delantero)=F(DL)
Gimnasia (Morfotipo,General)=G(G),(Rítmica)=G(R),(Artística)=G(A)
Halterofilia (Morfotipo,General)=H(G)
Hípica (Morfotipo,General)=HP(G)

G(G)	G(R)	G(A)		H(G)			HP(G)
FJ	FS	FS	FJ	MS	FS	MJ	FJ
25.30(66)	50,00(101)	44.80(46)	44,10(105)	84.80(211)	61.30(211)	71,00(153)	64,90(cc)
129.50(66)	162(101)	153.70(46)	151,00(105)	173,00(211)	161.60(211)	168,30(153)	161,80(cc)
71.60(47)		80.80(46)		90.50(235)			
108.40(47)				138.70(235)			
82.20(47)							
				82.30(235)			
34.50(47)				43,00(235)			
				73,00(235)			
				29.90(235)			
19.20(47)		22.10(46)		24.20(235)			
				18.90(235)			
		72.80(46)					
				39.30(235)			
				36.80(235)			
				26.10(235)			
4.20(66)		6.40(46)					
8,50(81)							
5.60(52)							
4.40(47)		3.90(46)					
8.40(66)		7.20(46)					
5,80(81)							
6.60(52)							
5.10(47)		4.50(46)					
13.50(47)							
9.40(47)		7,00(46)					
29.20(47)		33.50(46)		38.6(235)			
		25,00(47)		33.8(235)			
				22.50(235)			
20.20(47)		24.30(46)		26.20(235)			
5.20(47)		6,00(46)		9.50(235)			
7.50(47)		8.30(46)		10.90(235)			
				57.60(235)			
				94.50(235)			
540(47)				70.20(103)			
66.90(47)				80,00(235)			
18.20(72)		25.30(46)		31.40(235)			
20.70(47)		22.30(46)		36.40(103)			
18.80(47)				30.10(103)			
				17,00(235)			
39.70(47)		46.70(46)		60.60(235)			
26.50(47)		31.50(46)		36.60(235)			
				22.30(235)			

Tabla 11.7. Bis. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento-Composición corporal (Fútbol-Gimnasia-Halterofilia)

	F(M)		F(DL)		G(G)			
	MS	MJ	MS	MJ	MS	FS	MJ	FJ
Suma de Pliegues(mm)					37,00 (164,h)	42,00 (164,h)	38.70 (66,m)	42.40 (135,(
% Grasa	10,60 (60,w)	14.60 (17,ah)	10,00 (60,w)	14.70 (17,ah)	6,50 (217,ah)	10.87 (238,y)	10,38 (90,w)	11.60 (79,ad)
% Muscular					59.50(233)			
Masa Grasa(Kg)					2.80(174)	4.19(238)	4.10(66)	6.70((
Masa Muscular(Kg)					40.70(233)			
Masa Magra(Kg)		58,00(17)		59,00(17)	63.20(174)	30.84(238)	66,43(90)	22.30 9)
Somatotipo		3.00-5.00-2.50 (17)		3.00-4.50-3.00 (17)	1.50-5.60-2.10 (53)	1.80-3.70-3.10 (53)	2.00-5.80-2.60 (39)	1.70-4 0-3 (135)

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:e(5=t+b+sb+se+p),h(6=t+sb+b+se+ab+p),m(7=pp+a+t+sb+ab+se+m),n(7=t+b+sb+se+ab+m+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:w(Durnin y Womersley),y(Faulkner),ad(Slaughter),ae(Sloan),ah(No mencionada)
Fútbol (Medio)=F(M),(Delantero)=F(DL)
Gimnasia (Morfotipo,General)=G(G),(Rítmica)=G(R),(Artística)=G(A)
Halterofilia (Morfotipo,General)=H(G)
Hípica (Morfotipo,General)=HP(G)

Tabla 11.7. Bis. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Halterofilia-Hípica)

	H(62)		H(69)		H(	
	MS	MJ	MS	MJ	MS	MJ
Peso (Kg)	59.10(153)	58,00(153)	70.50(153)	70.30(153)	92.050(153)	92.05(153)
Talla (cm)	156.90(153)	165.80(153)	167.40(153)	171.20(153)	179.10(153)	179.10(153)
Somatotipo	1.40-6.90-1.00 (149)	2.45-5.65-2.80 (153)	1.80-7.00-1.10 (149)	3.10-6.05-1.85 (153)	3.40-7.60-0.90 (153)	3.40-7 -0 (153)

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos

Halterofilia (Categorías Peso MS/MJ)=H(62,69,85,94,>105)
Hípica (Morfotipo,General)=HP(G)

G(G)	G(R)	C(A)		H(G)			C(A)
FJ	FS	FS	FJ	MS	FS	MJ	FJ
42.40 (135,q)	59,00 (115,n)	29,00 (51,e)	45,80(119)				
11.60 (79,ad)	16.10 (115,ae)	14.50 (52,ah)	10,90 (119,ad)	10.10 (237,ah)	20.40 (237,ah)		24,50(ah)
		44,40(119)	45,90(119)				
6.70(64)		4.70(178)		9.01(121)			
22.30(79)	40.90(101)	43.90(101)		74.80(236)	49,00(238)		49,00(ah)
1.70-4.60-3.20 (135)	2.50-2.40-3.60 (115)	1.70-3.70-3.20 (51)	2.10-4.50-3.20 (119)	2.40-7.70-0.80 (164)		2.30-5.50-1.50 (153)	

H(85)	H(94)	H(>105)		HP(G)	
MJ	MS	MS	MJ	FS	FJ
92.05(153)	97.80(153)	129.70(153)	126.30(153)	56,50(149)	55,00(113)
179.10(153)	178.90(153)	184.90(153)	181.20(153)	166,90(149)	161,00(113)
3.40-7.60-0.90 (153)	2.70-7.80-0.70 (149)	5.10-9.10-0.40 (149)	8.70-9.70-0.40 (169)		

Tabla 11.8. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Hockey)

	HK(G)			HK(P)				HK	
	MS	FS	FJ	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS
p	52,00(188)	54.32(192)	61.50(12)	67,00(124)	60.75(192)	79.30(241)	63.06(236)	67.40(124)	57.78(192)
t	162.10(188)	158.03(192)	165.50(12)	167.70(124)	157,00(192)	180,00(241)	164.26(236)	176.60(124)	158.24
ts		89,47(110)							
les	95.20(188)								
lei	85.40(188)								
pls		12.47(192)			17.1(192)			11.36(194)	12.60(
pla		6,40(110)						7.54(194)	
plpp								8.04(194)	
plb		7.50(192)			10,00(192)			3.76(194)	8.54(1
plt		12.14(192)			16.3(192)			8.06(194)	14.94(1
plab								5.02(194)	
plam								8.38(194)	
plse								14.92(194)	
plm		9,03(110)						10.96(194)	
plp		5,80(110)						6.20(194)	
db	33.10(188)	39,20(110)							
dbc	23.20(188)	24,40(110)							
dh		6,84(110)							
de		5,74(110)							
dt		30,67(110)							
df		9,43(110)							
dml		7,22(110)							
pt		86,76(110)							
pbr		25,75(110)							
pa		24,62(110)							
pml		46,18(110)							
pp		33,51(110)							
sp	53,50 (149,h)	68,00 (149,h)	39.30 (111,b)		58.07 (12,e)				60.21 (12,e)
%g	8,99 (241,s)	23.41 (192,ac)	22.90 (12,ah)	10.90 (124,s)	28.98 (192,ac)	19.10 (241,ac)	17.29 (236,ah)	15.50 (241,ac)	25.08 (192,ac)
mg	6,00(158)	13.75(12)			14.79(12)				14.77(12
mmg	63.80(158)	46.56(12)	47.30(12)	59.70(124)	47.78(12)			61.10(124)	46.40(1
s	1.60-4.30-3.70(188)	3.47-4.16-2.69(12)	3.50-4.10-2.60(12)		3.90-4.30-2.30(12)				3.80-4.30-2.

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos

∑Pliegues:b(4=b+t+sb+se),e(5=t+b+sb+se+p),h(6=t+sb+b+se+ab+p)

a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),ac(Siri),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Total MMII(cm)=lei,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Axilar(mm)=pla,Pliegue Pectoral(mm)=plpp,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Antebrazo(mm)=plab,Pliegue Abdominal(mm) =plam,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Antebrazo(cm)=pa, Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg, Somatotipo=s

Hockey (Morfotipo,General)=HK(G),(Portero)=HK(P),(Defensa)=HK(D),(Medio)=HK(M),(Delantero)=HK(DL)

HK(D)		HK(M)			HK(DL)	
FS	FJ	MS	FS	MS	FS	FJ
57.78(192)	61.80(12)	63.30(109)	49.38(192)	55.20(109)	49.38(192)	59.50(12)
158.24(192)	164.90(12)		157.77(192)	170.60(124)	159.11(192)	164.40(12)
12.60(192)		9.42(194)	9.67(192)	9,00(194)	10.50(192)	
		6.30(194)		6.57(194)		
		6.54(194)		7.82(194)		
8.54(192)		3.44(194)	6.73(192)	3.77(194)	4.75(192)	
14.94(192)		6.72(194)	8.6(192)	7.40(194)	8.72(192)	
		5.14(194)		5.85(194)		
		6.16(194)		7.27(194)		
		10.90(194)		12.55(194)		
		7.58(194)		7.90(194)		
		4.76(194)		6.10(194)		
60.21 (12,e)			51.06 (12,e)		53.66 (12,e)	
25.08 (192,ac)	23.70 (12,ah)	12,00 (109,ah)	20.34 (192,ac)	11.20 (109,ah)	19.25 (192,ac)	22.30 (12,ah)
14.77(12)			12.76(12)		13.47(12)	
46.40(12)	47.10(12)	55.70(109)	46.37(12)	49,00(109)	46.26(12)	46.30(12)
3.80-4.30-2.60(12)	3.90-4.30-2.50(12)		3.30-4.20-2.70(12)		3.30-4.10-2.80(12)	3.30-4.10-2.80(12)

Tabla 11.9. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Judo-Lucha)

	J(G)				J(<70)	J(>80)
	MS	FS	MJ	FJ	MS	MS
Peso(Kg)	81,70(44)	53,80(28)	71,10(130)	60,8(130)	65,70(44)	81,20(44)
Talla(cm)	176,30(44)	158,00(28)	168,69(130)	161,6(130)	169,00(44)	177,80(44)
Talla Sentado(m)	93,00(44)				90,30(44)	93,40(44)
Longitud Total MMSS(cm)						
Longitud Antebrazo(cm)	25,60(44)				24,30(44)	25,50(44)
Longitud Total MMII(cm)	84,30(44)				78,70(44)	84,40(44)
Pliegue Subescapular(mm)	10,50(44)				7,10(44)	9,90(44)
Pliegue Axilar(mm)						
Pliegue Pectoral(mm)						
Pliegue Bíceps(mm)	4,40(44)				3,40(44)	4,50(44)
Pliegue Tríceps(mm)	6,70(44)				4,70(44)	6,30(44)
Pliegue Abdominal(mm)	10,80(cc)					
Pliegue Suprailíaco(mm)						
Pliegue Supraespinal(mm)	6,10(44)				4,10(44)	5,10(44)
Pliegue Muslo Anterior(mm)	9,00(cc)					
Pliegue Medial Pierna(mm)	6,70(44)				4,70(44)	6,90(44)
Diámetro Biacromial(cm)	40,30(44)				38,40(44)	41,20(44)
Diámetro transverso Tórax(cm)	32,70(44)				30,70(44)	33,50(44)
Diámetro Ap Tórax(cm)						
Diámetro Biileocrestal(cm)	28,60(44)				26,50(44)	29,10(44)
Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)	7,40(44)				7,00(44)	7,30(44)
Diámetro Biestiloideo(cm)						
Diámetro Bitrocantéreo(cm)						
Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)	9,90(44)				9,50(44)	9,90(44)
Diámetro Bimaleolar(cm)						
Perímetro Cefálico(cm)						
Perímetro Cuello(cm)						
Perímetro Torácico-Axilar(cm)	97,00(cc)					
Perímetro Umbilical(cm)	78,80(cc)					
Perímetro Cadera(cm)	95,20(cc)					
Perímetro Brazo Relajado(cm)	32,10(44)				29,50(44)	32,00(44)
Perímetro Brazo Contraido(cm)	35,30(44)				32,60(44)	35,30(44)
Perímetro Antebrazo(cm)	29,10(44)				27,00(44)	29,20(44)
Perímetro Muñeca(cm)						
Perímetro Muslo(cm)	57,30(44)				52,50(44)	57,50(44)
Perímetro Pierna(cm)	38,50(44)				35,20(44)	38,10(44)
Perímetro Tobillo(cm)						
Suma Pliegues(mm)	23,30 (44,a)		10,40 (121,q)		15,60 (44,a)	21,10 (44,a)
% Grasa	7,20 (149,t)	15,22 (28,z)	13,20 (214,af)	21,70 (130,u)	16,75 (28,z)	15,60 (121,ah)
Masa Grasa(Kg)	10,73(63)		12,90(130)	16,20(130)	5,94(63)	
Masa Magra(Kg)	63.30(5)		54,70(130)	41,70(130)	60,73(63)	
Somatotipo	3.13-5.93-1.63(44)				2.30-5.60-1.90(44)	3.00-6.00-1.70(44)

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:a(3=t+sb+se),h(6=t+sb+b+se+ab+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:t(Carter),u(Drinkwater),x(Enilina),z(Jackson y Pollock),ac(Siri),ae(Sloan),af(Wilmore),ah(No mencionada)

Judo (Morfotipo,General)=J(G),(Categorías Peso MS/MJ)=J(<70,70-80,>80)
Lucha (Morfotipo,General)=L(G),(Libre)=L(L),(Categorías Peso MS/MJ)=L(<55,55-60)

J(70-80)	J(>80)	L(G)		L(L)		L(<55)		L(55-60)
MS	MS	MS	MJ	MS	MJ	MS	MJ	MS
81,20(44)	108,30(44)	76.22(158)	78,00(195)	75,00(195)		50,50(152)	50,50(152)	58,90(152)
177,80(44)	186,80(44)	173.11(158)	173,60(195)	172,40(195)		162,20(152)	162,20(152)	167,70(152)
93,40(44)	96,80(44)							
		95.40(188)						
25,50(44)	27,60(44)							
84,4(0(44)	89,90(44)	86.8(188)						
9,90(44)	17,10(44)		7,60(98)	9,90(189)				
			8,18(219)					
			4,20(98)	6,80(189)				
4,50(44)	5,80(44)			4,20(189)				
6,30(44)	10,60(44)		9,26(219)	6,60(189)				
			7,40(98)	8,90(189)				
			12,49(219)					
5,10(44)	10,10(44)		11,03(219)	8,10(189)				
			8,70(98)	10,30(189)				
6,90(44)	10,10(44)		7,86(219)					
41,20(44)	42,80(44)	36.4(188)	39,25(181)					
33,50(44)	35,00(44)		27,48(219)					
			18,86(219)					
29,10(44)	31,40(44)	25.3(188)	26,93(99)					
7,30(44)	8,10(44)	8.60(103)	6,80(99)					
			5,39(99)					
			31,40(99)					
9,90(44)	10,80(44)	9.10(103)	9,30(99)					
			6,80(99)					
			56,10(219)					
			35,82(219)					
		87.20(103)	88,95(99)					
		72.60(103)	76,00(181)					
			90,40(99)					
32,00(44)	36,40(44)		29,50(181)					
35,30(44)	39,60(44)	33.40(103)	31,13(219)					
29,20(44)	32,30(44)	32.60(103)	26,00(99)					
			16,40(219)					
57,50(44)	65,70(44)	57.50(103)	49,32(219)					
38,10(44)	44,80(44)	35.60(103)	35,13(99)					
			22,50(219)					
21,10 (44,a)	37,90 (44,a)	22.50 (188,a)	52,70 (152,h)			44,80 (152,h)	44,80 (152,h)	46,50 (152,h)
15,60 (121,ah)	14,02 (63,x)	18.20 (103,ae)	7,30 (195,ah)	8,20 (195,ah)	7,90 (67,ah)	8,70 (152,ac)	8,70 (152,ac)	6,50 (152,ac)
	13,78(63)	3.10(158)	4,75(181)					
	76,76(63)	73.10(158)	54.04(99)					
90(44)	3.00-6.00-1.70(44)	4.10-6.20 -1.30(44)	2.30-6.40-1.60(189)					

Tabla 11.10. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Lucha-Natación)

	L(66-74)		L(74-84)		N(G)				
	MS	MJ	MS	MJ	MS	FS	MJ	FJ	MS
p	67,80(152)	67,80(152)	78,90(152)	78,90(152)	78,40(133)	63,10(133)	70,40(81)	59,10(136)	76,10(191)
t	172,70(152)	172,70(152)	178,10(152)	178,10(152)	183,80(133)	171,50(133)	175,70(81)	171,00(136)	181,10(191)
ts									
les					80,90(133)	74,80(133)	83,00(79)	67,36(204)	
lb					38,00(150)	34.60(151)	35,20(79)	67,36(204)	
lab					29.40(150)	26.60(151)	27,30(79)		
lm							20,50(79)		
lei					86,90(133)	80,30(133)	82,70(79)	82,35(204)	
lml					44.50(150)	42.30(151)	38,80(79)		
lp					43.30(150)	40.50(151)	43,90(79)		
lpe							28,40(79)		
pls					7,90(133)	8,80(133)	10,00(81)	9,70(136)	
pla					7,20(81)	9,30(81)	7,20(81)	9,30(81)	
plb					3,70(133)	5,90(133)	3,20(81)	5,70(136)	
plt					7,00(133)	12,10(133)	7,10(81)	12,10(136)	
plab					4.70(150)	6.60(151)	4,30(81)	6,70(81)	
plam					9,40(133)	12,10(133)	10,50(81)	13,60(81)	
pli					9,20(133)	9,80(133)			
plse					6,30(133)	7,30(133)	11,90(81)	9,90(136)	
plm					9,60(133)	19,10(133)	11,00(81)	23,90(136)	
plp					7.30(150)	12.10(151)	6,70(81)	11,90(136)	
db					40,20(133)	36,30(133)			
dbc					27,10(133)	27,20(133)			
dh					7.40(150)	6.60(151)			
de					6.10(150)	5.60(151)			
df					9.90(150)	9.20(151)			
dml					7.90(150)	7.20(151)			
pt					94,30(133)	83,80(133)			
pu					77,70(133)	67,40(133)			
pbr					29,10(133)	24,50(133)		27,40(136)	
pbc					32,20(133)	26,40(133)			
pa					27,90(133)	23,30(133)			
pml					55,00(133)	53,90(133)			
pp					37,60(133)	34,90(133)		33,20(136)	
sp	55,90 (152,h)	55,90 (152,h)	64,70 (152,h)	64,70 (152,h)	54.60 (133,q)	77,10 (116,j)		73,30 (136,i)	
%g	8,70 (152,ac)	8,70 (152,ac)	9,10 (152,ac)	9,10 (152,ac)	8,80 (197,ah)	15,50 (35,ag)	11,80 (8,ab)	12,10 (217,ah)	14.10 (191,s)
mg					5.60(150)	11.40(151)	7,40(130)	8,60(136)	10,70(191)
mm					31.70(cc)				
mmg					69.30(150)	49.30(151)	62,21(81)	50,50(136)	65,30(191)
s					2.10-5.00-2.90(149)	3.20-3.90-3.00(149)	3.00-4.85-2.72(81)	3.67-4.02-2.57(81)	2.30-3.00-.

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:h(6=t+sb+b+se+ab+p),i(6=b+t+se+sb+m+p),j(6=t+sb+se+a+m+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),ab(Parizkova),ac(Siri),ag(Yuhasz),ah(No mencionada)
Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab,Longitud Mano(cm)=lm,Longitud Total MMII(cm)=lei,Longitud Muslo(cm)=lml,Longitud Pierna(cm)=lp,Longitud Pie(cm)=lpe,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Axilar(mm)=pla,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Antebrazo(mm)=plab,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Suprailíaco(mm)=pli,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraído(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Muscular(Kg)=mm,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s
Lucha (Categorías Peso MS/MJ)=L(66-74,74-84)
Natación (Morfotipo,General)=N(G),(Velocidad)=N(V),(Media Distancia)=N(MD)

N(V)				N(MD)		
MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MJ
76,10(191)	63,80(191)	75,35(18)	63,80(191)	74,30(149)	63,50(149)	74,24(18)
181,10(191)	168,30(191)	180,80(18)	168,30(191)	183,10(149)	171,90(149)	179,90(18)
		125,30(18)				123,60(18)
		33,87(18)				33,86(18)
		26,60(18)				25,90(18)
		93,80(18)				94,00(18)
		46,60(18)				48,00(18)
		47,20(18)				45,90(18)

Tabla 11.11. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Natación)

	N(LD)				N(EL)		N(E		
	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MS	MJ	MS
p	77,50(199)	61,00(199)	57,30(149)	58,67(100)	80,00(133)	75,00(133)	86,60(202)	71,40(202)	77,1(78
t	184,00(199)	168,00(199)	168,90(149)	163,20(100)	182,00(133)	180,00(133)	190,00(202)	179,80(202)	181, (17
ts									
e							205,80(202)	193,40(202)	
les							89,60(202)	81,60(202)	
lb						30,00(133)			38.70(150
lab									30.10(150
lm						8,00(133)			
lei					90,00(133)				
lml									46.30(150
lp					50,00(149)				44.2[illegible]150
lpe						22,00(149)			
pls									9,90(133)
plb									4,30(133)
plt									9,20 33)
plab									4.90 50)
plam									14,90(13
pli									13,4[illegible]13
plse									8,20 33)
plm									12,60(13
plp									7,90(133)
db									43,0 150
dtt									
dapt									
dbc									
dh									29.80(150
de									7.60 50)
dm						4,00(149)			6.40(150
df									
dml									9.80 50)
pc									8.10 50)
pcll									
pt					100,00(149)				
pu									
pcd									
pbr									
pbc									31.7 150
pa									34.8 150
pm									28.30(150
pml					50,00(149)				
pp									54.9 150
pt									37.6 150

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Envergadura(cm)=e,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab,Longitud Mano(cm)=lm,Longitud Total MMII(cm)=lei,Longitud Muslo(cm)=lml,Longitud Pierna(cm)=lp,Longitud Pie(cm)=lpe,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Biceps(mm)=plb,Pliegue Triceps(mm)=plt,Pliegue Antebrazo(mm)=plab,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Suprailiaco(mm)=pli,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Ap Tórax(cm)=dapt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro transverso Mano(cm)=dm,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml,Perímetro Cefálico(cm)=pc,Perímetro Cuello(cm)=pcll,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Cadera(cm)=pcd,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muñeca(cm)=pm,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Perímetro Tobillo(cm)=pt

Natación (Larga Distancia)=N(LD),(Estilo Libre)=N(EL),(Espalda)=N(E),(Waterpolo)=N(W),(General Saltos)=N(ST)

N(W)			N(ST)			
MS	FS	MJ	MS	FS	MJ	FJ
77,10(178)	64,80(149)	88,10(8)	66,70(36)	53,70(36)	61,40(207)	58,50(207)
181,00(178)	171,30(149)	184,20(8)	170,90(36)	161,20(36)	167,90(207)	159,80(207)
			90,30(36)	86,30(36)	88,90(207)	85,20(207)
			177,70(36)	164,40(36)		
38.70(150)			33,10(36)	31,00(36)		
30.10(150)			25,40(36)	23,10(36)		
			19,40(36)	18,20(36)		
			80,70(36)	74,90(36)		
46.30(150)			34,80(36)	32,40(36)		
44.20(150)			45,90(36)	42,50(36)		
			25,50(36)	23,20(36)		
9,90(133)	10,50(133)		7,90(36)	8,50(36)	8,20(207)	13,10(207)
4,30(133)	7,10(133)		3,80(36)	4,90(36)		
9,20(133)	15,30(133)		6,80(36)	11,40(36)	6,50(207)	12,40(207)
4.90(150)						
14,90(133)	17,60(133)		9,60(36)	11,10(36)	10,30(207)	22,20(207)
13,40(133)	12,10(133)		8,50(36)	7,90(36)		
8,20(133)	9,60(133)		6,00(36)	6,80(36)	6,40(207)	11,00(207)
12,60(133)	23,40(133)		9,60(36)	18,20(36)	10,00(207)	20,50(207)
7,90(133)	13,50(133)		6,00(36)	9,70(36)	6,30(207)	11,40(207)
43,00(150)			39,70(36)	36,50(36)	40,00(207)	37,70(207)
			28,80(36)	25,80(36)		
			19,10(36)	17,20(36)		
29.80(150)			26,70(36)	26,00(36)	26,10(207)	26,00(207)
7.60(150)			6,80(36)	5,90(36)	6,90(207)	6,20(207)
6.40(150)			5,60(36)	4,90(36)	5,50(207)	5,10(207)
			8,10(36)	7,30(36)		
9.80(150)			9,30(36)	8,40(36)	9,40(207)	8,70(207)
8.10(150)					6,80(207)	6,30(207)
			56,00(36)	53,80(36)		
			37,80(36)	32,50(36)		
			95,20(36)	85,00(36)		
			74,50(36)	65,60(36)		
			89,50(36)	87,00(36)		
31.70(150)			30,60(36)	26,90(36)		
34.80(150)			32,50(36)	28,00(36)		
28.30(150)			27,20(36)	23,40(36)		
			16,60(36)	14,80(36)		
54.90(150)			51,30(36)	48,70(36)		
37.60(150)			36,40(36)	33,90(36)		
			21,60(36)	20,30(36)		

Tabla 11.11.Bis. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento Composición corporal (Natación)

	N(LD)				N(EL)		N(			
	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MS	MJ		MS
sp	41,80 (164,h)	62,30 (164,h)								57,10 (223,q
%g	21,00 (164,s)	29,60 (164,s)	21,90 (164,s)	19,89 (114,s)						24,10 (4,w)
%m										
%o										68,90(6)
mg	18,70(164)	20,90(164)	12,60(164)	11,85(114)						
mm										7.20(165)
mo										65.60(
mmg	69,30(164)	49,70(164)	44,70(164)	46,82(114)						
s	3.17-3.34-4.26(164)	4.70-2.00-3.60(164)		4.70-2.00-3.60(211)						74.80(165)
										2.50-5.30-2.40(1)

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos

∑Pliegues:g(6=sb+t+ab+se+m+p),h(6=t+sb+b+se+ab+p),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),w(Durnin y Womersley),ab(Parizkova),ah(No mencionada)
Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,% Muscular=%m,% Oseo=%o,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Muscular(Kg)=mm,Masa Osea(Kg)=mo,
Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Natación (Larga Distancia)=N(LD),(Estilo Libre)=N(EL),(Espalda)=N(E),(Waterpolo)=N(W),(General Saltos)=N(ST)

MJ	N(W)			N(ST)			
	MS	FS	MJ	MS	FS	MJ	FJ
	57,10 (223,q)	73,00 (164,h)		45,90 (38,g)	65,60 (38,g)		
	24,10 (4,w)		14,30 (8,ah)	6,10 (38,ah)	17,5 (232,ah)	12,60 (232,ab)	20,40 (232,ab)
	68,90(196)			46.30(232)		46,30(232)	40,10(232)
						17,00(232)	14,20(232)
	7.20(165)				9,95(232)	7,70(232)	12,10(232)
	65.60(5)					28,40(232)	23,40(232)
					7,46(232)	10,40(232)	8,30(232)
	74.80(165)				46,30(133)		
	2.50-5.30-2.40(148)	3.60-4.00-2.80(164)		2.00-5.30-2.40(38)	2.80-3.80-2.80(36)		

Tabla 11.12. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Natación-Pentatlón moderno-Piragüismo)

	N(SC)	P(G)		PG(C)	
	FS	FS	FJ	MS	
p	63,50(149)	61,00(45)	53,43(106)	75,80(43)	
t	169,20(149)	168,10(45)	162,70(106)	177,60(43)	70,3 72
ts		89,80(45)		94,00(43)	168,80(7
e					
les		74,60(45)			
lb					
lab					
lei		78,20(45)			
pls		8,30(45)			
plt		10,40(45)			
plse		6,10(45)			
plp		10,20(45)			
db		37,30(45)			
dtt				41,30(43)	
dbc		27,90(45)		30,50(43)	
dh		6,30(45)		29,70(43)	
dt					
df		9,10(45)		34,00(43)	
pt					
pu					
pbr		27,70(45)			
pbc					
pa					
pml					
pp		34,90(45)			
sp	65,00(149,q)	35,10(45,c)			
%g	14,00(238,ah)	11,00(45,ab)		75,00(72,p)	
mg	9,95(cc)		11,00(133,ah)	9,00(239,ah)	13,00(239
mo	7,46(cc)				
mmg		54,20(45)			
s		2.50-3.90-2.80(45)		1.50-5.20-3.10(142)	

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:c(4=t+sb+se+p),p(8=t+sb+b+p+se+ab+m+a),q(pliegues no mencionados)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:ab(Parizkova),ac(Siri),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Envergadura(cm)=e,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Brazo(cm)=lb,Longitud Antebrazo(cm)=lab, Longitud Total MMII(cm)=lei,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp, Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro transverso Tórax(cm)=dtt,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Brazo Relajado(cm)= pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp, % Grasa=%g,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Osea(Kg)=mo,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Natación (Sincronizada)=N(SC)
Pentatlon (Morfotipo,General)=P(G)
Piragua (Morfotipo,General)=PG(G),(Canoa)=PG(C),(Kayak)=PG(K)

	PG(C)		PG(K)		
	FS	MS	FS	MS	FS
	70,35(72,102)	75,50(102)	70,30(102)	81,05(72)	70,40(72)
	168,80(72,102)	179,00(102)	168,10(102)	179,90(72)	169,50(72)
		93,80(43)	97,00(102)	94,70(72)	
		178,10(102)	170,00(102)		
		82,40(118)	76,00(118)	78,80(43)	
		34,50(43)		33,40(43)	
		25,00(43)		25,50(43)	
		88,00(133)	81,80(133)	108,00(43)	
		41,40(133)	36,80(133)	40,30(72)	
		28,10(133)	27,30(133)		
		7,20(102)	6,50(102)		
		10,00(102)	9,10(102)		
		102,60(133)	88,90(133)	102,60(72)	
		80,60(133)	69,80(133)		
		32,20(133)	27,60(133)	33,70(72)	
		35,30(133)	29,60(133)	29,90(72)	
		29,30(133)	25,40(133)		
		54,60(133)	54,00(133)		
		37,50(133)	34,90(133)		
				66,87(72,p)	100,50(72,p)
	13,00(239,ah)				22,10(72,ac)
		5.40(158)			
		70.60(158)			

Tabla 11.13. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Remo)

	R(G)				
	MS	FS	MJ	FJ	
Peso(Kg)	89,00(185)	67,40(56)	70,20(81)	71,30(19)	
Talla(cm)	194,00(87)	174,30(56)	175,60(81)	176,60(19)	
Talla Sentado(m)	99,70(56)	92,10(56)		91,60(19)	
Altura Tibial(cm)	51,40(56)	45,80(56)			
Longitud Total MMSS(cm)	85,20(133)	76,00(133)		76,90(19)	
Longitud Brazo(cm)	36,70(56)	32,90(56)			
Longitud Antebrazo(cm)	27,10(56)	23,90(56)			
Longitud Total MMII(cm)	91,70(56)	82,30(56)		85,10(19)	
Longitud Muslo(cm)	40,30(56)	36,50(56)			
Longitud Pierna(cm)	46.50(150)				
Pliegue Subescapular(mm)	8,70(56)	9,10(56)	9,30(81)	10,20(19)	
Pliegue Axilar(mm)			6,60(81)		
Pliegue Bíceps(mm)	2.60(150)		3,10(81)	6,70(19)	
Pliegue Tríceps(mm)	8,40(56)	14,60(56)	5,60(81)	14,00(19)	
Pliegue Antebrazo(mm)	4.60(150)		4,00(81)		
Pliegue Abdominal(mm)	9,25(56)	10,60(56)	10,90(81)		
Pliegue Suprailíaco(mm)	10.80(150)				
Pliegue Supraespinal(mm)	6,00(56)	6,60(56)	10,20(81)	9,40(19)	
Pliegue Muslo Anterior(mm)	10,80(56)	21,50(56)	10,90(81)	22,30(19)	
Pliegue Medial Pierna(mm)	6,30(56)	12,80(56)	6,20(81)	16,00(19)	
Diámetro Biacromial(cm)	42,50(56)	37,40(56)		37,90(19)	
Diámetro transverso Tórax(cm)	31,00(56)	26,50(56)			
Diámetro Ap Tórax(cm)	21,40(56)	18,10(56)			
Diámetro Biileocrestal(cm)	30,20(56)	28,20(56)		29,60(19)	
Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)	7,80(56)	6,70(56)		6,70(19)	
Diámetro Biestiloideo(cm)	6.40(150)				
Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)	10,40(56)	9,30(56)		9,30(19)	
Diámetro Bimaleolar(cm)	8.30(150)				
Perímetro Torácico-Axilar(cm)	100,90(56)	86,70(56)			
Perímetro Umbilical(cm)	84,00(56)	70,80(56)			
Perímetro Brazo Relajado(cm)	29,00(56)	23,00(56)		29,30(19)	
Perímetro Brazo Contraido(cm)	35.90(150)				
Perímetro Antebrazo(cm)	30,30(56)	25,50(56)		25,60(19)	
Perímetro Muslo(cm)	56,90(56)	50,80(56)		59,20(19)	
Perímetro Pierna(cm)	37,30(56)	32,90(56)		36,60(19)	
Suma Pliegues(mm)			79,50(185,p)		
% Grasa	7.30(150,ah)	20,10(156,ac)	9,80(81,v)		
Masa Grasa(Kg)	6.50(150)				
Masa Magra(Kg)	82.20(150)		63,19(81)		
Somatotipo	2.30-5.00-2.00(56)	3.00-3.90-2,80(56)	2.53-5.21-2.61(81)		

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:a(3=t+sb+se),b(4=b+t+sb+se),c(4=t+sb+se+p),d(5=sb+se+t+m+p),e(5=t+b+sb+se+p),f(5=t+b+se+ab+p),g(6=sb+t+ab+se+m+p),
h(6=t+sb+b+se+ab+p),i(6=b+t+se+sb+m+p),j(6=t+sb+se+a+m+p),k(6=m1+m2+t+sb+se+a),l(7=b+t+sb+se+m+p1+p2),m(7=pp+a+t+sb+ab+se+m),
n(7=t+b+sb+se+ab+m+p),o(8=b+t+sb+se+ic+ab+m+p),p(8=t+sb+b+p+se+ab+m+a),q(pliegues no mencionados)

a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:r(Baun),s(Brozek),t(Carter),u(Drinkwater),v(Durnin y Ramahan),w(Durnin y Womersley),x(Enilina),y(Faulkner),
z(Jackson y Pollock),aa(Mayhew),ab(Parizkova),ac(Siri),ad(Slaughter),ae(Sloan),af(Wilmore),ag(Yuhasz),ah(No mencionada

Remo (Morfotipo,General)=R(G),(General Ligero)=R(GL),(General Sweep Oar)=R(SO),(General Scull)=R(S),(8+)=R(8+)

	R(GL)			R(SO)	R(S)	R(8+)
	MS	FS	MJ	FJ	FJ	MS
)(19)	69,90(56)	58,00(56)	69,80(139)	71,60(19)	67,40(19)	89,08(87)
(19)	177,40(56)	168,40(56)	180,50(139)	176,30(19)	173,50(19)	190,00(87)
)	92,50(56)	88,20(56)		91,30(19)	90,30(19)	
	47,00(56)	43,90(56)				
)(19)				76,70(19)	75,20(19)	
	33,80(56)	32,30(56)				
	25,10(56)	23,30(56)				
)(19)	84,85(56)	80,20(56)		85,00(19)	82,80(19)	
	37,80(56)	36,40(56)				
)(19)	7,60(56)	7,80(56)		10,50(19)	9,80(19)	
	6,60(74)					
( )	3,10(56)	4,10(56)		7,40(19)	6,10(19)	
)( )	6,20(56)	10,10(56)		14,50(19)	13,50(19)	
	4,00(81)					
	7,90(56)	7,80(56)				
	8,60(56)	8,30(56)				
,19)	5,60(56)	5,90(56)		9,90(19)	8,80(19)	
(19)	8,60(56)	17,80(56)				
( )	5,60(56)	9,00(56)				
( )	40,40(56)	36,40(56)		37,80(19)	37,30(19)	
	29,10(56)	26,30(56)				
	19,50(56)	18,00(56)				
( )	28,10(56)	28,40(56)		29,80(19)	29,00(19)	
19)	7,30(56)	6,30(56)		6,70(19)	6,50(19)	
1	9,90(56)	9,10(56)				
	93,80(56)	84,40(56)				
	77,20(56)	68,20(56)				
( )	27,40(56)	22,70(56)		29,30(19)	28,70(19)	
(19)	27,90(56)	23,90(56)		25,60(19)	25,50(19)	
( )	52,30(56)	48,80(56)		59,10(19)	57,80(19)	
	34,60(56)	32,50(56)				
	43,00(149,h)	69,00(149,h)	68,20(139,q)			46,00(149,h)
		7,80(124,ac)	19,70(139,ac)			
		5,60(139)	10,90(139)			
		51,90(131)	43,00(139)			
	1.80-5.10-2.90(56)	2.40-3.90-3.30(56)				

Tabla 11.14. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Softball-Taekwondo-Tenis)

	S(G)		T(G)		
	FS	FJ	MS	FS	
p	66,46(131)	66,46(131)	69,90(90)	62,30(90)	69,90(90
t	165,10(131)	165,10(131)	179,00(90)	168,00(90)	179,00(90
plb					
plt					
db			37,90(90)	35,20(90)	37,90(90
dbc			25,80(90)	25,90(90)	25,8 90
dt			30,70(90)	29,80(90)	30,7 90
pbr			29,00(90)	27,20(90)	29,00(90
pa					
pml			55,20(90)	57,10(90)	55,2 90
pp			36,90(90)	36,90(90)	36,90(90
sp	80,00 (149,h)				
%g	15,00(239,ah)	21,60(131,s)	8,20(90,ab)	15,40(90,ab)	8,20(90,ab
mg	14,80(131)	14,80(131)			
mmg	51.65(131)	51.65(131)	64,20(90)	52,40(90)	64,2 90
s					2.40-5.20-2.90

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:h(6=t+sb+b+se+ab+p)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),ab(Parizkova),ac(Siri),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,
Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,
Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s
Softball (Morfotipo,General)=S(G)Taekwondo (Morfotipo,General)=T(G)
Tenis (Morfotipo,General)=TN(G)

T(G)		TN(G)		
MJ	FJ	MS	FS	FJ
69,90(90)	62,30(90)	76,10(149)	60,50(149)	57.99(165)
179,00(90)	168,00(90)	185,00(149)	171,30(149)	168,70(165)
				6,55(165)
				13,20(165)
37,90(90)	35,20(90)			
25,80(90)	25,90(90)			
30,70(90)	29,80(90)			
29,00(90)	27,20(90)			24,99(165)
				23,88(165)
55,20(90)	57,10(90)			
36,90(90)	36,90(90)			
8,20(90,ab)	15,40(90,ab)	16,30(133,ah)	20,30(133,ah)	23.30 (165,ac)
64,20(90)	52,40(90)	64,50(148)	44,40(148)	49,90(116)
2.40-5.20-2.90(85)	3.80-4.60-2.40(85)			

Tabla 11.15. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Triatlón-Voleibol-Vela)

	TT(G)				V(G)	
	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS
p	73,90(182)	59,30(199)	66,70(22)	58,80(22)	73,00(133)	58,30(1)
t	180,00(182)	167,50(199)	176,50(22)	168,40(22)	177,90(133)	163,70(133)
ts						
les						
lei						
pls		9,50(116)				
pla						
plpp						
plb		5,30(116)				
plt		11,90(116)				
plam		13,50(116)				
plse		8,10(116)				
plm		20,40(116)				
plp		12,30(116)				
db		36.80(116)			41,20(147)	
df						
dml						
dbc		26,70(116)			35,50(147)	
dh		6,20(116)				
de						
dt						
pt						
pu						
pcd						
pbr		26,40(116)				
pbc		28,00(116)				
pa						
pml		48,50(116)			47,00(147)	
pp		35,00(116)				
sp		75.70(116,j)			10,30(232,b)	
%g	7,90(182,ah)	16,50(116,s)	8,20(22,ah)	10,40(22,ah)	17,70(232,w)	
mg						
mmg			65,50 (cc)			
s		2.50-4.20-2.80(116)				

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior -.MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:a(3=t+sb+se),b(4=b+t+sb+se),j(6=t+sb+se+a+m+p)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailíaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),w(Durnin y Womersley),ah(No mencionada)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Longitud Miembro Superior(cm)=les,Longitud Miembro Inferior(cm)=lei,Pliegue Subescapular(mm)=pls, Pliegue Axilar(mm)=pla, Pliegue Pectoral(mm)=plpp,Pliegue Bíceps(mm)=plb,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df, Diámetro Bimaleolar(cm)=dml,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g,Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s

Triatlón (Morfotipo,General)=TT(G)
Vela (Morfotipo,General)=V(G),(General Patrón)=V(PG),(Finn)=V(F),(470,Patrón)=V(470P)

V(G)		V(PG)	V(F)	V(470P)	
FS	FJ	MS	MS	MS	FS
58,30(133)	62,11(132)		88,00(118)	67,33(118)	58,80(147)
163,70(133)	171,40(147)		185,00(118)	176,67(118)	167,00(147)
		15,00(147)			
		14,00(147)			
		11,80(147)			
		19,00(147)			
		15,40(147)			
		14,10(147,a)			
	18.70(132,s)		16,50(147,w)	13,00(147,w)	
	11.80(132)				
	50,31(132)				

Tabla 11.16. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Vela)

	V(470T)		V(TP)	V(TT)	V(SP)	V(ST)		
	MS	FS	MS	MS	MS	MS		MS
p	69,00(118)	65,00(118)	74,00(162)	71,00(162)	91,10(162)	86,50(162)		69,33(118)
t	173,50(118)		177,80(162)	178,20(162)	183,10(162)	179,90(162)		177,33(118)
%g	14,30(162,w)		14,00(162,w)	21,70(162,w)	16,50(162,w)	160(162,w)		14,30(162,w
s								2.57-2.68-2. (16

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
Fórmulas %Grasa:w(Durnin y Womersley)

Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,% Grasa=%g,Somatotipo=s

Vela (470,Tripulación)=V(470T),(Tornado,Patrón)=V(TP),(Tornado,Tripulación)=V(TT),(Star,Patrón)=V(SP),(Star,Tripulación)=V(ST),(Windsurf)=V(W)
Vollibol (Morfotipo,General)=VB(G)

		V(W)		VB(G)			
		MS	FS	MS	FS	MJ	FJ
		69,33(118)	60,00(118)	88,40(59)	71,20(59)	89,30(141)	70,50(102)
		177,33(118)	164,00(118)	193,90(59)	178,40(59)	194,00(141)	178,30(102)
		14,30(162,w)		89,82(77)			86,58(102)
		2.57-2.68-2.97(164)					

Tabla 11.17. Cineantropometría de los atletas internacionales de alto rendimiento (Voleibol)

	VB(G)				VB(C)			
	MS	FS	MJ	FJ	MS	FS	MS	FS
p	88,40(82)	71,20(82)	89,30(200)	70,50(166)	81,00(82)	67,80(82)	91,00(82)	71,(
t	193,90(82)	178,40(82)	194,00(200)	178,30(166)	185,20(82)	172,70(82)	196,60(82)	78
ts	89,82(124)			86,58(140)				
les	114.60(188)			56,57(140)				
lei	109.40(188)							
pls	9,00(82)	9,70(82)		14,70(232)	9,90(82)	10,30(82)	8,80(82)	,3
pla	5,07(124)			11,26(221)				
plpp				10,96(221)				
plt	6,70(82)	11,40(82)		19,10(232)	8,40(82)	12,70(82)	6,40(82)	1,3
plam		18,30(232)		19,00(232)				
plse	6,40(82)	7,70(82)		14,90(232)	7,10(82)	8,00(82)	6,40(82)	7,4(
plm	7,51(124)	27,50(232)		28,60(232)				
plp	5,10(82)	9,30(82)		19,20(232)			5,10(82)	,1(
db	39.40(158)		39,40(220)	37,87(140)				
dbc	23.80(188)		26,10(220)	28,16(140)				
dh	7,50(82)	6,30(82)	7,00(220)	6,30(232)	7,20(82)	6,20(82)	7,60(82)	,4(
de	5,66(124)							
dt	30,73(124)							
df	10,30(82)	9,30(82)	9,10(220)	9,40(232)	10,10(82)	9,20(82)	10,40(82)	,2(
dml	7,31(124)							
pt	88,70(220)		88,70(220)	82,86(221)				
pu	76,90(220)		76,90(220)	67,36(221)				
pcd				90,96(221)				
pbr	33,60(82)	28,80(82)		25,52(232)	33,10(82)	28,50(82)	33,60(82)	8,4
pbc	29,30(220)		29,30(220)					
pa	26,80(220)	24,10(232)	26,80(220)	23,80(232)				
pml	52,50(220)		52,50(220)	53,96(221)				
pp	38,90(82)	37,10(82)	35,60(220)	36,00(232)	37,80(82)	36,60(82)	39,10(82)	37,3
sp	22,10 (82,a)	28,70 (82,a)		19,30 (232,j)	25,40 (82,a)	31,10 (82,a)	21,60 (82,a)	28,(,2,
%g	13,70 (225,v)	11,70 (68,s)	7,30 (200,z)	17,90 (166,ah)				
mg	6.80(158)			11,06(221)				
mmg	62.30(158)	60,30(68)	56,90(220)	58,40(68)				
s	2.10-4.10-3.30(82)	2.90-3.10-3.00(82)	2.40-4.60-2.75(57)	4.20-3.70-3.30(114)	2.40-4.50-2.80(82)	3.10-3.60-2.50(82)	2.00-4.00 -3.50(82)	.80

Categorías: MS/FS=Masculino/Femenino Senior - MJ/FJ=Masculino/Femenino Júnior/Categorías Inferiores,cc=comunicaciones congresos
∑Pliegues:a(3=t+sb+se),j(6=t+sb+se+a+m+p)
a=axilar,pp=pectoral,t=tríceps,sb=subescapular,se=supraespinal,ab=abdominal,b=bíceps,m=muslo,p=pierna,si=suprailiaco,ic=ileocrestal
Fórmulas %Grasa:s(Brozek),v(Durnin y Ramahan),z(Jackson y Pollock),ah(No mencionada)
Peso(Kg)=p,Talla(cm)=t,Talla Sentado(m)=ts,Longitud Total MMSS(cm)=les,Longitud Total MMII(cm)=lei,Pliegue Subescapular(mm)=pls,Pliegue Axilar(mm)=pla,Pliegue Pectoral(mm)=plpp,Pliegue Tríceps(mm)=plt,Pliegue Abdominal(mm)=plam,Pliegue Supraespinal(mm)=plse,Pliegue Muslo Anterior(mm)=plm,Pliegue Medial Pierna(mm)=plp,Diámetro Biacromial(cm)=db,Diámetro Biileocrestal(cm)=dbc,Diámetro Biepicondíleo Húmero(cm)=dh,Diámetro Biestiloideo(cm)=de,Diámetro Bitrocantéreo(cm)=dt,Diámetro Bicondíleo Fémur(cm)=df,Diámetro Bimaleolar(cm)=dml, Perímetro Torácico-Axilar(cm)=pt,Perímetro Umbilical(cm)=pu,Perímetro Cadera(cm)=pcd,Perímetro Brazo Relajado(cm)=pbr,Perímetro Brazo Contraido(cm)=pbc,Perímetro Antebrazo(cm)=pa,Perímetro Muslo(cm)=pml,Perímetro Pierna(cm)=pp,Suma de Pliegues(mm)=sp,% Grasa=%g, Masa Grasa(Kg)=mg,Masa Magra(Kg)=mmg,Somatotipo=s
Voleibol (Morfotipo,General)=VB(G),(Colocadores)=VB(C),(Centrales)=VB(CT),(Extremos)=VB(E),(Zagueros)=VB(Z)
Voley-playa (Morfotipo,General)=VP(G)

VB(CT)		VB(E)		VB(Z)		VP(G)	
MS	FS	MS	FS	MS	FS	MS	FS
91,00(82)	71,00(82)	87,10(82)	72,50(82)	91,50(82)	72,60(82)	88,50(cc)	67,00(cc)
196,60(82)	178,80(82)	191,60(82)	178,60(82)	194,70(82)	179,20(82)	193,00(cc)	178,00(cc)
8,80(82)	9,30(82)	9,20(82)	10,30(82)	9,70(82)	9,70(82)		
6,40(82)	11,30(82)	7,00(82)	11,80(82)	6,90(82)	11,70(82)		
6,40(82)	7,40(82)	6,40(82)	8,00(82)	6,80(82)	8,00(82)		
5,10(82)	9,10(82)	5,40(82)	9,80(82)	5,10(82)	9,10(82)		
7,60(82)	6,40(82)	7,40(82)	6,40(82)	7,60(82)	6,40(82)		
10,40(82)	9,20(82)	10,30(82)	9,40(82)	10,50(82)	9,30(82)		
33,60(82)	28,40(82)	33,50(82)	29,20(82)	34,10(82)	29,00(82)		
39,10(82)	37,30	39,00(82)	37,6(82)	39,80(82)	37,60(82)		
21,60 (82,a)	28,00 (82,a)	22,70 (82,a)	30,00 (82,a)	23,40 (82,a)	29,40 (82,a)		
2.00-4.00 -3.50(82)	2.80-3.10-3.10(82)	2.20-4.30-3.00(82)	3.00-3.50-2.80(82)	2.20-4.30-3.10(82)	3.00-3.20 -3.00(82)		