

# CAPÍTULO

# 2

## CONCEPTOS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO

### ESQUEMA DEL CAPÍTULO

#### CRECIMIENTO: PATRONES, VARIABILIDAD Y CRONOLOGÍA

#### MÉTODOS PARA ESTUDIAR EL CRECIMIENTO FÍSICO

Métodos de medición

Métodos experimentales

Influencias genéticas en el crecimiento

#### NATURALEZA DEL CRECIMIENTO ESQUELÉTICO

#### ZONAS Y TIPOS DE CRECIMIENTO DEL COMPLEJO CRANEOFACIAL

Bóveda craneal

Base del cráneo

Maxilar (complejo nasomaxilar)

Mandíbula

Tejidos blandos faciales

#### TEORÍAS DE CONTROL DEL CRECIMIENTO

Nivel de control del crecimiento: lugares frente a centros de crecimiento

El cartílago como factor determinante del crecimiento craneofacial

Teoría de crecimiento de la matriz funcional

#### DESARROLLO SOCIAL Y CONDUCTUAL

Aprendizaje y desarrollo del comportamiento

Fases del desarrollo afectivo y cognoscitivo

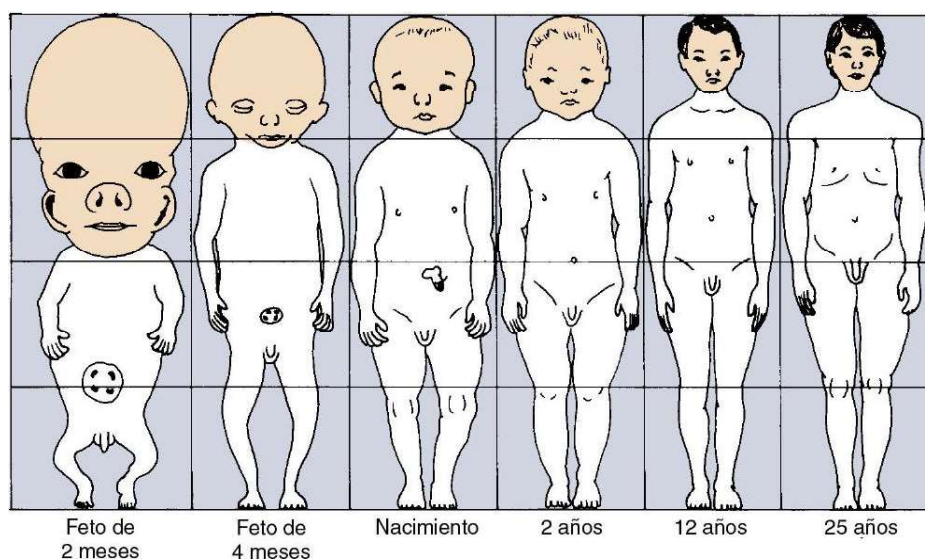
Todo odontólogo debe tener amplios conocimientos sobre el crecimiento y el desarrollo craneofaciales. Incluso para quienes nunca trabajan con niños, es difícil comprender los trastornos que presentan los adultos sin conocer los procesos de desarrollo que han dado lugar a esos trastornos. Para quienes mantienen una relación profesional con niños (y casi todos los odontólogos la mantienen, al menos de forma ocasional), es importante distinguir las variaciones normales de los efectos de los procesos anómalos o patológicos. Dado que los odontólogos

y los ortodoncistas no solo tienen mucho que ver con el desarrollo de la dentición, sino con todo el complejo dentofacial, un profesional concienzudo podrá manipular el crecimiento facial en beneficio del paciente. Como es lógico, esto no es posible sin amplios conocimientos de las pautas normales de crecimiento y de los mecanismos implicados en el mismo.

Los mismos términos de *crecimiento* y *desarrollo* pueden llevar a confusión. Aunque están estrechamente relacionados, no son sinónimos. En lenguaje coloquial, el crecimiento suele referirse a un aumento de tamaño, pero tiende a asociarse al cambio más que a cualquier otro concepto. Después de todo, solo si el crecimiento equivale a cambio podremos hablar seriamente de un período de recesión económica como de un período de «crecimiento económico negativo». Dado que algunos tejidos crecen rápidamente y después menguan o desaparecen, una gráfica de crecimiento físico en relación con el tiempo puede incluir una fase negativa. Por otra parte, si definimos el crecimiento únicamente como un proceso de cambio, el término carecerá prácticamente de sentido. En este capítulo, emplearemos el término *crecimiento* para referirnos a un aumento de tamaño o de número. No obstante, en ocasiones el aumento no será de tamaño ni de número, sino de complejidad.

En términos generales, el desarrollo entraña un grado de organización cada vez mayor, a menudo con consecuencias desafortunadas para el entorno natural. En lo que se refiere al crecimiento, el término *desarrollo* se utiliza casi siempre para referirse a un aumento de la complejidad, y así es como lo usaremos en este capítulo. El desarrollo tiene connotaciones de especialización creciente, de modo que uno de los precios que hay que pagar por el aumento de desarrollo es una pérdida de potencial. El crecimiento es fundamentalmente un fenómeno anatómico, mientras que el desarrollo es un fenómeno fisiológico y conductual.

Conviene recordar que, aunque los odontólogos trabajan con estructuras físicas (los dientes y la cara), una de las principales razones del tratamiento ortodóncico son sus efectos psicosociales. Además, se necesita la colaboración del paciente, y para conseguir



**FIGURA 2-1** Representación esquemática de los cambios en las proporciones corporales generales que se producen durante el crecimiento y el desarrollo normales. Después del tercer mes de vida fetal, la contribución proporcional de la cabeza y la cara al tamaño total del cuerpo va disminuyendo progresivamente. (Reproducido a partir de Robbins WJ, et al. *Growth*. New Haven: Yale University Press; 1928.)

la colaboración de niños de diferentes edades hay que conocer bien el desarrollo social y conductual. Tanto el desarrollo fisiológico como el psicosocial son importantes temas de estudio en este capítulo. Por motivos de conveniencia, no porque tengan una mayor importancia intrínseca, presentaremos en primer lugar los conceptos sobre el crecimiento físico y posteriormente revisaremos los factores del desarrollo.

## CRECIMIENTO: PATRONES, VARIABILIDAD Y CRONOLOGÍA

En los estudios sobre el crecimiento y el desarrollo, es muy importante el concepto de patrón. En sentido general, el patrón (como el patrón a partir del cual se confeccionan vestidos de diferentes tallas) refleja proporcionalidad, habitualmente de un grupo complejo de proporciones y no solo de una única relación proporcional. En el crecimiento, el patrón representa también la proporcionalidad, pero de una forma aún más compleja, ya que no solo se refiere a un conjunto de relaciones proporcionales en un momento determinado, sino a los cambios que se producen en esas relaciones proporcionales a lo largo del tiempo. En otras palabras, la organización física del cuerpo en un momento dado es un patrón de partes proporcionadas espacialmente. Sin embargo, existe un nivel de organización superior, el patrón de crecimiento, que se refiere a los cambios que experimentan esas proporciones espaciales a lo largo del tiempo.

En la figura 2-1 se representan los cambios que se producen en las proporciones corporales a lo largo del crecimiento y el desarrollo normales. Durante la vida fetal, hacia el tercer mes de desarrollo intrauterino, la cabeza representa casi el 50% de la longitud total del cuerpo. En esa fase, el cráneo es grande en relación con la cara y representa más de la mitad del tamaño total de la cabeza. Por el contrario, las extremidades aún son rudimentarias y el tronco está poco desarrollado. Hasta el momento de nacer, el tronco y las extremidades crecen más rápido que la cabeza y la cara, de manera que proporcionalmente la cabeza disminuye hasta representar el 30% del total del cuerpo. El

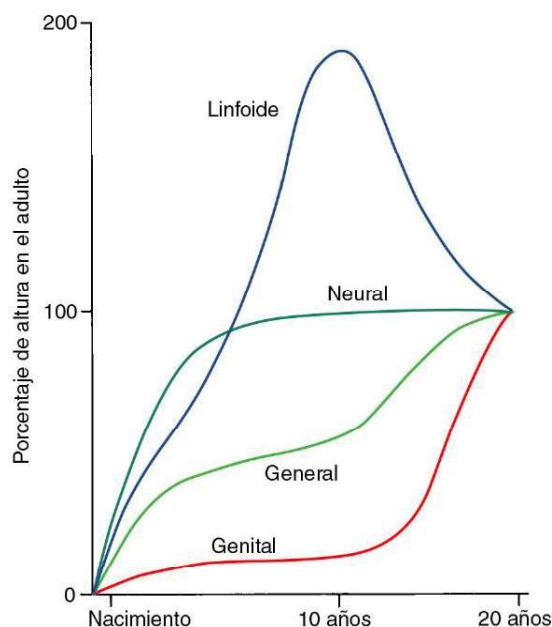
patrón general de crecimiento sigue posteriormente esas mismas pautas, con una reducción progresiva del tamaño relativo de la cabeza, hasta llegar al 12% en el adulto, aproximadamente. En el momento de nacer las piernas representan aproximadamente un tercio de la longitud total del cuerpo, mientras que en el adulto representan la mitad. Como se ilustra en la figura 2-1, las extremidades inferiores crecen más que las superiores durante la vida posnatal. Todos estos cambios, que forman parte del patrón normal de crecimiento, reflejan el «gradiente cefalocaudal de crecimiento». Ello quiere decir simplemente que existe un eje de crecimiento en aumento desde la cabeza a los pies.

Otro aspecto del patrón normal de crecimiento es que no todos los órganos y tejidos del cuerpo crecen al mismo ritmo (fig. 2-2). Obviamente, los elementos musculares y óseos crecen con más rapidez que el cerebro y el sistema nervioso central, como queda reflejado por la reducción relativa del tamaño de la cabeza después del nacimiento. El patrón general de crecimiento es un reflejo del crecimiento de los diferentes tejidos que forman el organismo. Para diferenciarlos, una de las razones para los gradientes de crecimiento es que en diversas partes del cuerpo se concentran tejidos diferentes que crecen a ritmos distintos.

Incluso si nos limitamos a la cabeza y a la cara, el gradiente cefalocaudal de crecimiento influye notablemente en las proporciones y provoca cambios en las mismas durante el crecimiento (fig. 2-3). Al comparar las proporciones del cráneo de un recién nacido con el de un adulto, es fácil comprobar que el niño tiene un cráneo relativamente mayor y una cara mucho más pequeña. Este cambio representa un aspecto importante del patrón de crecimiento facial. En el organismo, y también en la cara, se observa un gradiente cefalocaudal de crecimiento. Desde esta perspectiva, no debería sorprendernos que el maxilar inferior, que está más alejado del cerebro, tienda a crecer más y a hacerlo más tarde que el maxilar superior, que se encuentra más cerca.

Un aspecto importante de este patrón es su previsibilidad. Los patrones se repiten siempre, ya sea en la organización de los diferentes azulejos de colores en el diseño de un suelo o en las propor-

ciones esqueléticas que se modifican con el tiempo. Las relaciones proporcionales que existen en un patrón pueden definirse matemáticamente, y la única diferencia entre un patrón de crecimiento y uno geométrico radica en la suma de la dimensión temporal. Si pensamos en un patrón desde este punto de vista, podemos ser más precisos a la hora de definir lo que representa el cambio de



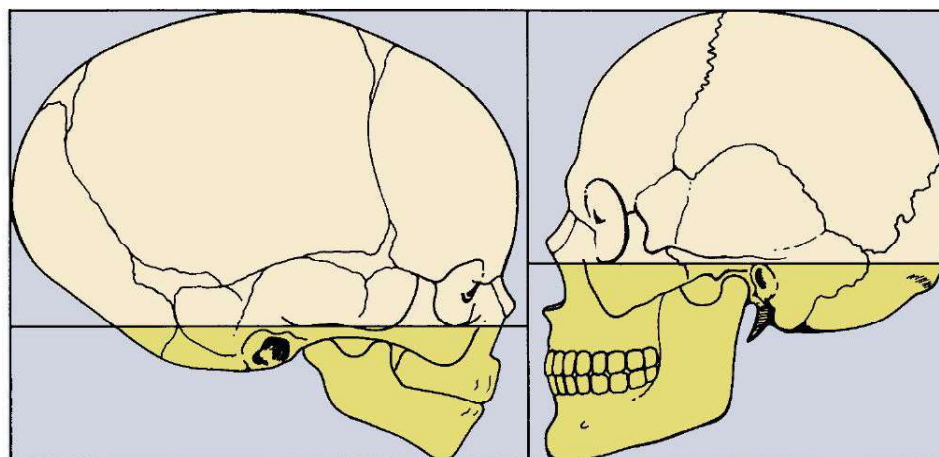
**FIGURA 2-2** Curvas de Scammon para el crecimiento de los cuatro tejidos principales del organismo. Como se ve en esta gráfica, el crecimiento de los tejidos neurales casi se ha completado hacia los 6 o 7 años de vida. Los tejidos generales, que comprenden los músculos, los huesos y las vísceras, siguen una curva en forma de S, con una disminución visible del ritmo de crecimiento en la niñez y una aceleración durante la pubertad. Los tejidos linfoides proliferan, superando ampliamente a finales de la infancia la cantidad de tejido de la etapa adulta y sufriendo posteriormente una involución, coincidiendo con la rápida aceleración del crecimiento de los tejidos genitales. (Tomado de Scammon RD. *The measurement of the body in childhood*. In: Harris JA, ed. *The Measurement of Man*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1930.)

un patrón. Está claro que un cambio denotará una alteración en el patrón predecible de relaciones matemáticas. Un cambio en el patrón de crecimiento indicaría una alteración en la secuencia previsible y predecible de cambios que cabe esperar en un individuo.

Un segundo concepto importante para estudiar el crecimiento y el desarrollo es la variabilidad. Obviamente, no todos los individuos son iguales, tanto en su forma de crecer como en otros aspectos. Puede resultar difícil, aunque clínicamente muy importante, decidir si un individuo representa solo un extremo de la variación normal o excede de los límites considerados normales.

En vez de clasificar el crecimiento como normal o anormal, es más útil pensar en términos de desviación de los patrones habituales y cuantificar esa variabilidad. Una forma de hacerlo es comparar a un determinado niño con sus semejantes mediante una tabla de crecimiento estandarizada (fig. 2-4). Aunque las tablas de ese tipo se emplean con frecuencia para valorar la estatura y el peso, puede presentarse de esa misma forma el crecimiento de cualquier parte del cuerpo. La «variabilidad normal», basada en estudios a gran escala realizados con grupos de niños, viene representada por las líneas continuas de las gráficas. Un individuo que correspondiese exactamente al punto medio de la distribución normal se situaría en la línea del 50% de la gráfica. Uno que fuese mayor que el 90% de la población quedaría por encima de la línea del 90%; uno que fuera menor que el 90% de la población quedaría por debajo de la línea del 10%.

Estas tablas pueden emplearse de dos maneras para determinar si el crecimiento es normal o anómalo. En primer lugar, se puede establecer la posición de un individuo en relación con el grupo. Como norma general, podemos decir que un niño que queda por fuera del 97% de la población deberá ser sometido a estudios especiales antes de ser aceptado simplemente como un caso extremo dentro de la población normal. En segundo lugar, y tal vez más importante, las tablas pueden utilizarse para seguir el crecimiento del niño a lo largo del tiempo a efectos de valorar si se produce algún cambio inesperado en el patrón de crecimiento. Un patrón implica predictibilidad. En lo que respecta a las tablas de crecimiento, esto quiere decir que el crecimiento de un niño debe seguir en todo momento la misma línea de percentiles. Si el percentil de la posición de un individuo cambia



**FIGURA 2-3** Cambios producidos en las proporciones de la cabeza y la cara durante el crecimiento. Al nacer, la cara y los maxilares están relativamente poco desarrollados, en comparación con su grado de desarrollo en el adulto. Debido a ello, las estructuras faciales crecen mucho más que las craneales durante la vida posnatal. (Reproducido a partir de Lowery GH. *Growth and Development of Children*. 6th ed. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1973.)





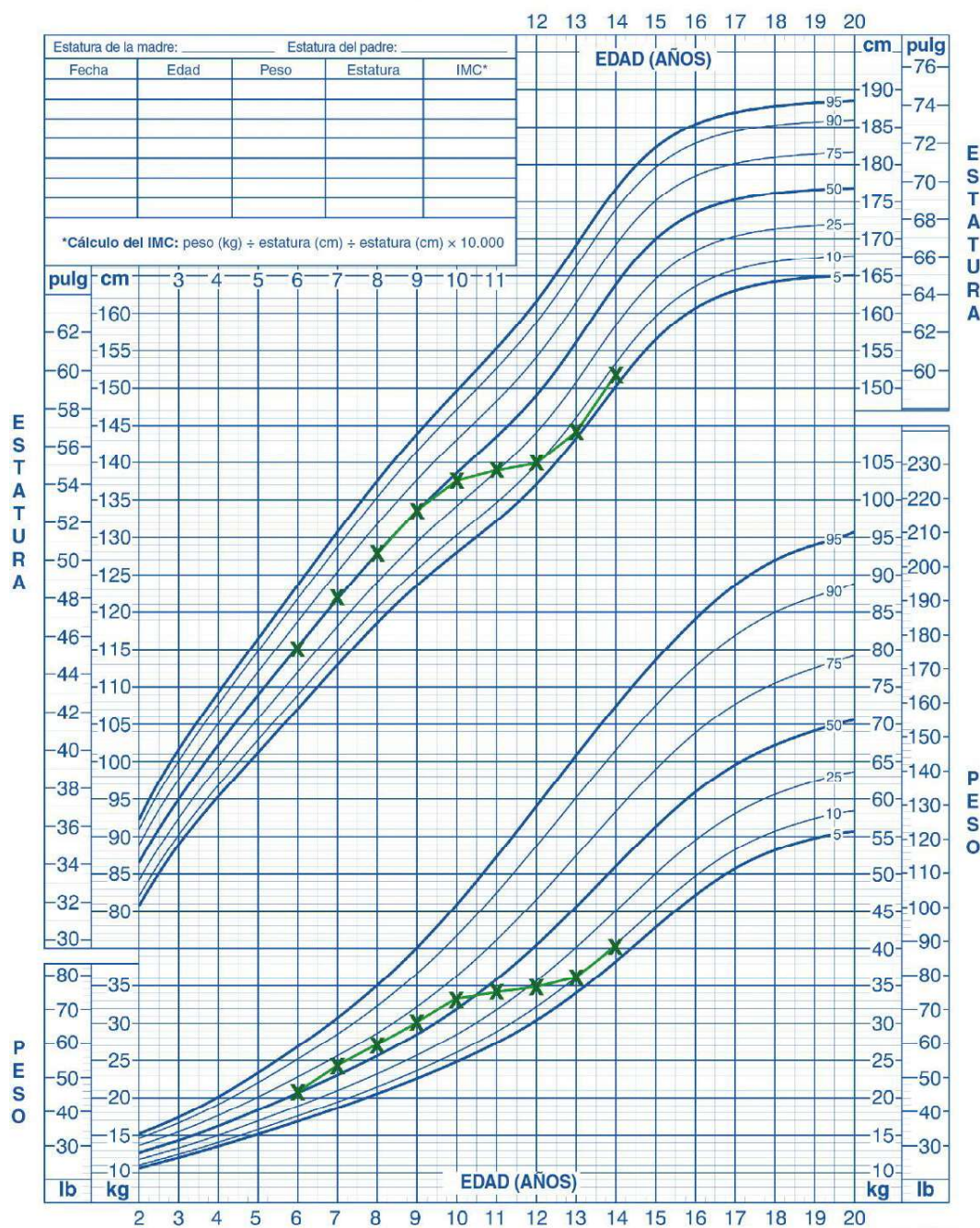


## 2 a 20 años: chicos

NOMBRE \_\_\_\_\_

## Percentiles de estatura por edad y peso por edad

N.º HISTORIA \_\_\_\_\_



Publicado el 30 de mayo de 2000 (modificado el 21/11/00).

FUENTE: Desarrollado por el National Center for Health Statistics en colaboración con el National Center for Chronic Diseases Prevention and Health Promotion (2000).  
<http://www.cdc.gov/growthcharts>

SAFER • HEALTHIER • PEOPLE™

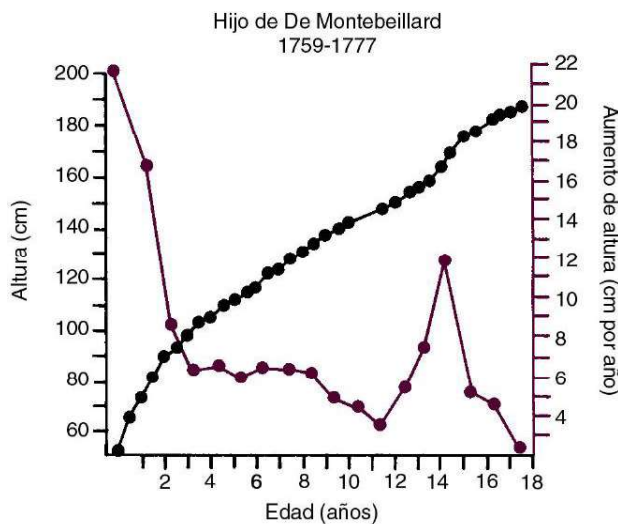
B

**FIGURA 2-4 (cont.)** B. Crecimiento de un chico que desarrolló un problema médico que afectó a su crecimiento, representado sobre el diagrama masculino. Obsérvese el cambio producido en el patrón de crecimiento (cruce de líneas en el diagrama) entre los 10 y los 11 años, que refleja el impacto de una enfermedad grave sobre el crecimiento que comenzaba en esos momentos, con una recuperación parcial después de los 13 años, pero con un efecto continuado sobre el crecimiento. (Datos tomados de Hamill PVV, et al. National Center for Health Statistics, 1979; diagramas desarrollados por el National Center for Health Statistics en colaboración con el National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; publicado el 30 de mayo de 2000 y revisado el 21/11/00.) (Diagramas disponibles en <http://www.cdc.gov/growthcharts/>.)

en relación con su grupo correspondiente, sobre todo si el cambio es muy marcado (v. fig. 2-4, B), el facultativo debe pensar en la posibilidad de alguna anomalía del crecimiento e investigarla en profundidad. Inevitablemente, existe una zona gris en los extremos de las variaciones normales, en la que resulta difícil determinar si el crecimiento es normal o no.

Por último, otro concepto importante en el crecimiento y el desarrollo físicos es la cronología. Las variaciones pueden afectar al crecimiento de varias formas: por una variación normal, por influencias ajenas a la experiencia normal (p. ej., una enfermedad grave) y por sus efectos en función del momento en que se producen. Las variaciones cronológicas se deben a que un mismo acontecimiento afecta a distintos individuos en momentos diferentes, o considerándolas desde otro punto de vista, que los relojes biológicos de los distintos individuos funcionan de forma diferente.

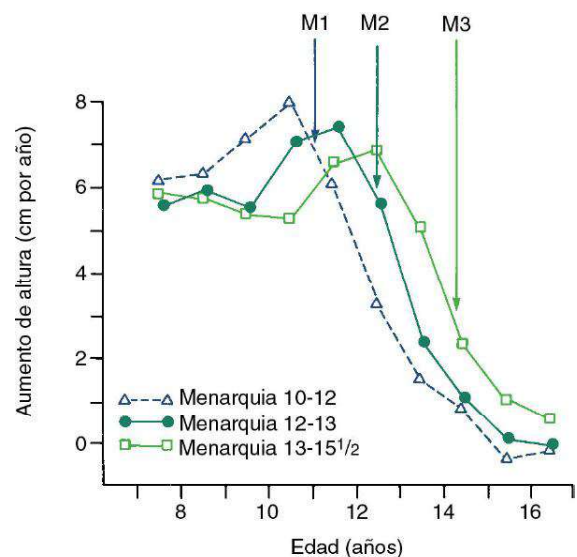
En los seres humanos, las variaciones cronológicas en el crecimiento y el desarrollo son especialmente evidentes durante la adolescencia. Algunos niños crecen rápidamente y maduran antes, de este modo completan su crecimiento muy pronto y aparecen por ello en la zona alta de las tablas de desarrollo hasta que dejan de crecer y empiezan a ser alcanzados por sus contemporáneos. Otros crecen y se desarrollan con lentitud y parecen quedarse detrás, aunque alcanzan con el tiempo, e incluso superan, a niños que eran más altos. Todos los niños experimentan un «estirón» durante la adolescencia, que se aprecia mejor representando gráficamente los cambios en la estatura o el peso (fig. 2-5), pero ese estirón se produce en un momento diferente en cada individuo.



**FIGURA 2-5** Se puede representar el crecimiento indicando el peso y la estatura a cualquier edad (línea negra en el diagrama) o la cuantía del cambio producido en un intervalo determinado (línea morada en el diagrama, que muestra los mismos datos que la negra). A una curva como la línea negra se la denomina «curva de distancia», mientras que la línea morada es una «curva de velocidad». La representación gráfica de la velocidad en vez de la distancia permite apreciar mejor las aceleraciones y desaceleraciones que experimenta el ritmo de crecimiento. Estos datos corresponden al crecimiento de un individuo, el hijo de un aristócrata francés de finales del siglo XVIII, cuyo crecimiento siguió el patrón típico. Obsérvese la aceleración durante la adolescencia, que en este individuo se produjo a la edad de 14 años. (Datos tomados de Scammon, Amer F Phys Anthropol, 1927.)

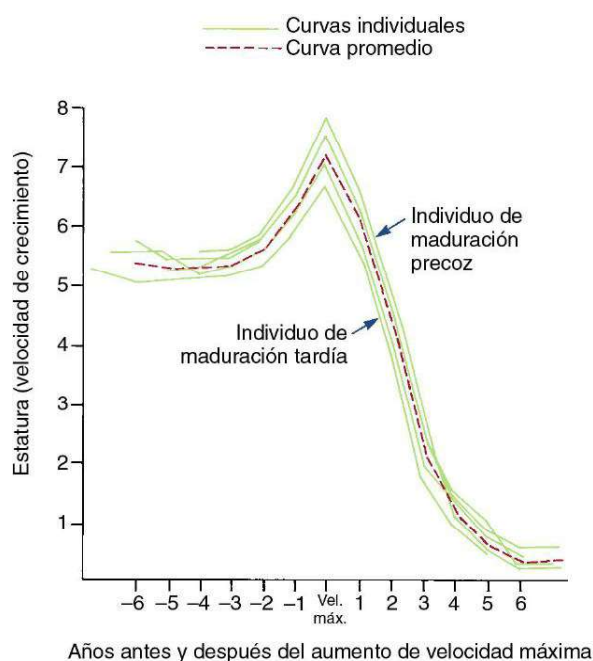
Los efectos del crecimiento como consecuencia de la variación cronológica pueden apreciarse mejor en las chicas, en las que el comienzo de la menstruación (menarquía) es un excelente indicador del inicio de la madurez sexual. La maduración sexual va acompañada de una aceleración del crecimiento. Si comparamos en la figura 2-6 las curvas de velocidad de crecimiento para niñas con una maduración precoz, normal o tardía, se evidencian las grandes diferencias de tamaño entre las mismas. A los 11 años, la niña que ha madurado precozmente ya ha sobrepasado el nivel máximo de su estirón puberal, mientras que la niña de maduración tardía aún no ha empezado a crecer con rapidez. Este tipo de variación cronológica se produce en muchos aspectos tanto del crecimiento como del desarrollo y puede contribuir notablemente a la variabilidad.

Aunque la edad suele medirse cronológicamente como el tiempo transcurrido desde el nacimiento o la concepción, también es posible medir la edad biológicamente, en términos de progresión hacia los diferentes marcadores o fases de desarrollo. Se puede reducir la variabilidad cronológica, empleando la edad de desarrollo en vez de la edad cronológica como expresión del nivel de desarrollo de un individuo. Por ejemplo, si se realiza una nueva gráfica con los datos del aumento de estatura en las niñas, utilizando la menarquía como punto cronológico de referencia (fig. 2-7), podemos observar que las que maduran precoz, normal o tardíamente siguen en realidad un patrón de crecimiento muy parecido. En esta gráfica, se sustituye el tiempo cronológico por la fase de desarrollo sexual, utilizando una escala de tiempo biológico, y se demuestra que el patrón se expresa en momentos cronológicamente diferentes, pero no en momentos fisiológicamente diferentes. Este método es muy útil a la hora de valorar el estado de crecimiento de un niño, debido a la posibilidad de



**FIGURA 2-6** Curvas de velocidad de crecimiento para chicas de maduración precoz, normal y tardía. Es muy interesante observar que cuanto más pronto se produce el estirón puberal, más intenso parece ser. Obviamente, a los 11 o 12 años de edad, una niña que madura precozmente es considerablemente más alta que una que madura más tarde. En cada caso, el comienzo de la menstruación (menarquía) (M1, M2, M3) se produjo después del pico de velocidad máxima de crecimiento.





**FIGURA 2-7** Curvas de velocidad correspondientes a cuatro chicas que tuvieron la menarquia en momentos muy diferentes, modificadas utilizando la menarquia como punto cronológico de partida. Se puede observar que los patrones de crecimiento son muy similares en todos los casos, correlacionándose todas las variaciones con el paso del tiempo.

reducir la variabilidad cronológica cuando se emplea la edad biológica o de desarrollo.

## MÉTODOS PARA ESTUDIAR EL CRECIMIENTO FÍSICO

Antes de iniciar el estudio de los datos de crecimiento, conviene tener una idea razonable de la forma en que se obtienen dichos datos. Existen dos métodos básicos para estudiar el crecimiento físico. El primero se basa en técnicas de medición de los animales vivos (incluidos los seres humanos), con la implicación de que el método de medición no es perjudicial y de que el animal podrá ser utilizado para otras mediciones posteriores. El segundo método se basa en experimentos en los que se manipula el crecimiento de alguna manera, lo que implica que habrá que estudiar al sujeto experimental con algún detalle y que ese estudio detallado puede resultar destructivo. De ahí que estos estudios experimentales se reserven a especies no humanas.

### Métodos de medición

#### Toma de datos de las mediciones

**Craneometría.** El primero de los métodos de medición para estudiar el crecimiento, con el que se inició la antropología física, es la craneometría, que se basa en la medición de los cráneos procedentes de restos esqueléticos humanos. La craneometría se empleó originalmente para estudiar los cráneos

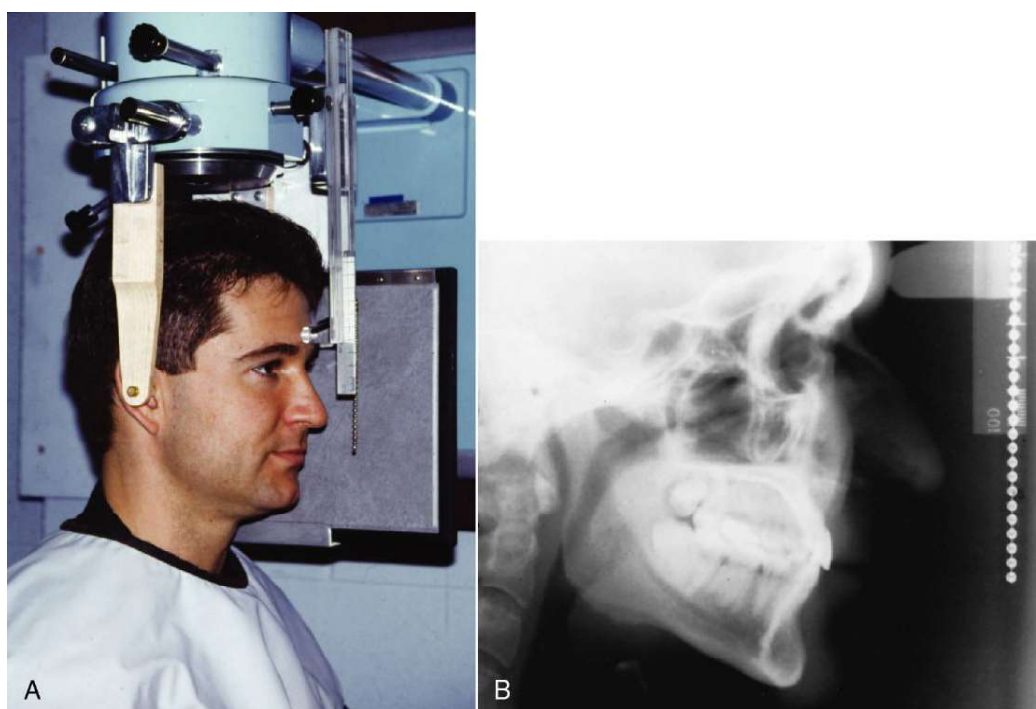
de los hombres de Neanderthal y Cro-Magnon encontrados en cuevas europeas durante los siglos XVIII y XIX. Ese material óseo ha permitido reunir gran cantidad de información sobre poblaciones extinguidas y averiguar algo acerca de sus patrones de crecimiento al comparar unos cráneos con otros. La craneometría tiene la ventaja de que permite efectuar mediciones bastante exactas sobre cráneos disecados; presenta el importante inconveniente de que para los estudios del crecimiento todos estos datos deben ser necesariamente sometidos a análisis de corte transversal, lo cual significa que, aunque en la población estén representadas diferentes edades, un mismo individuo solo puede ser medido en un momento determinado.

**Antropometría.** También es posible medir las dimensiones esqueléticas en los individuos vivos. En esta técnica, denominada *antropometría*, se miden en individuos vivos diversos parámetros establecidos en estudios con cráneos disecados, utilizando simplemente las zonas de tejido blando que recubren los puntos óseos de referencia. Por ejemplo, se puede medir la longitud del cráneo desde un punto del puente de la nariz hasta un punto de la convexidad máxima de la parte posterior del cráneo. Esta medición puede efectuarse sobre un cráneo disecado o en un individuo vivo, pero los resultados diferirán, debido al espesor de los tejidos blandos que recubren ambos puntos de referencia. Aunque la presencia de los tejidos blandos introduce una variación, la antropometría permite seguir directamente el crecimiento de un individuo, repitiendo las mismas mediciones en momentos diferentes. Se obtienen así datos longitudinales: medidas repetidas del mismo individuo. En los últimos años, los estudios antropométricos de Farkas han proporcionado nuevos y valiosos datos sobre las proporciones faciales humanas y sus cambios a lo largo del tiempo.<sup>1</sup>

**Radiología cefalométrica.** La tercera técnica de medición, la radiología cefalométrica, tiene una importancia considerable, no solo en el estudio del crecimiento, sino también en la valoración clínica de los pacientes ortodóncicos. Esta técnica se basa en una orientación exacta de la cabeza antes de realizar una radiografía con ampliación controlada. Este método permite combinar las ventajas de la craneometría y de la antropometría y medir directamente las dimensiones esqueléticas óseas, ya que en las radiografías se puede visualizar el hueso a través de los tejidos blandos que lo recubren, lo que permite además llevar a cabo un seguimiento del individuo a lo largo del tiempo. Los estudios de crecimiento se llevan a cabo con una superposición de un modelo digital o trazador de un cefalograma posterior sobre un cefalograma anterior, de manera que se pueden medir los cambios. De esta manera se pueden observar las localizaciones y el grado de crecimiento (fig. 2-8). Las técnicas de superposición cefalométricas se describen en el capítulo 6.

La radiología cefalométrica tiene el inconveniente de que produce una representación bidimensional (2-D) de una estructura tridimensional (3-D), de forma que aunque se coloque bien la cabeza, no es posible realizar todas las mediciones. Esto puede solventarse en alguna medida tomando más de una radiografía con diferentes orientaciones y utilizando la triangulación para calcular distancias oblicuas. El patrón general de crecimiento craneofacial era conocido gracias a los estudios craneométricos y antropométricos antes de que se inventase la radiología cefalométrica, pero gran parte de los conocimientos





**FIGURA 2-8** A. La radiografía cefalométrica recibe este nombre por la utilización de un dispositivo para colocar la cabeza con una orientación muy precisa. Ello implica que se pueden establecer comparaciones válidas entre las dimensiones exteriores e interiores en miembros de un mismo grupo de población, o que es posible medir a un mismo individuo en dos momentos diferentes, ya que se puede reproducir la misma orientación de la cabeza. B. Esta placa se ha tomado con la cabeza en posición natural (v. capítulo 6 para una descripción de la técnica con este posicionamiento de cabeza).

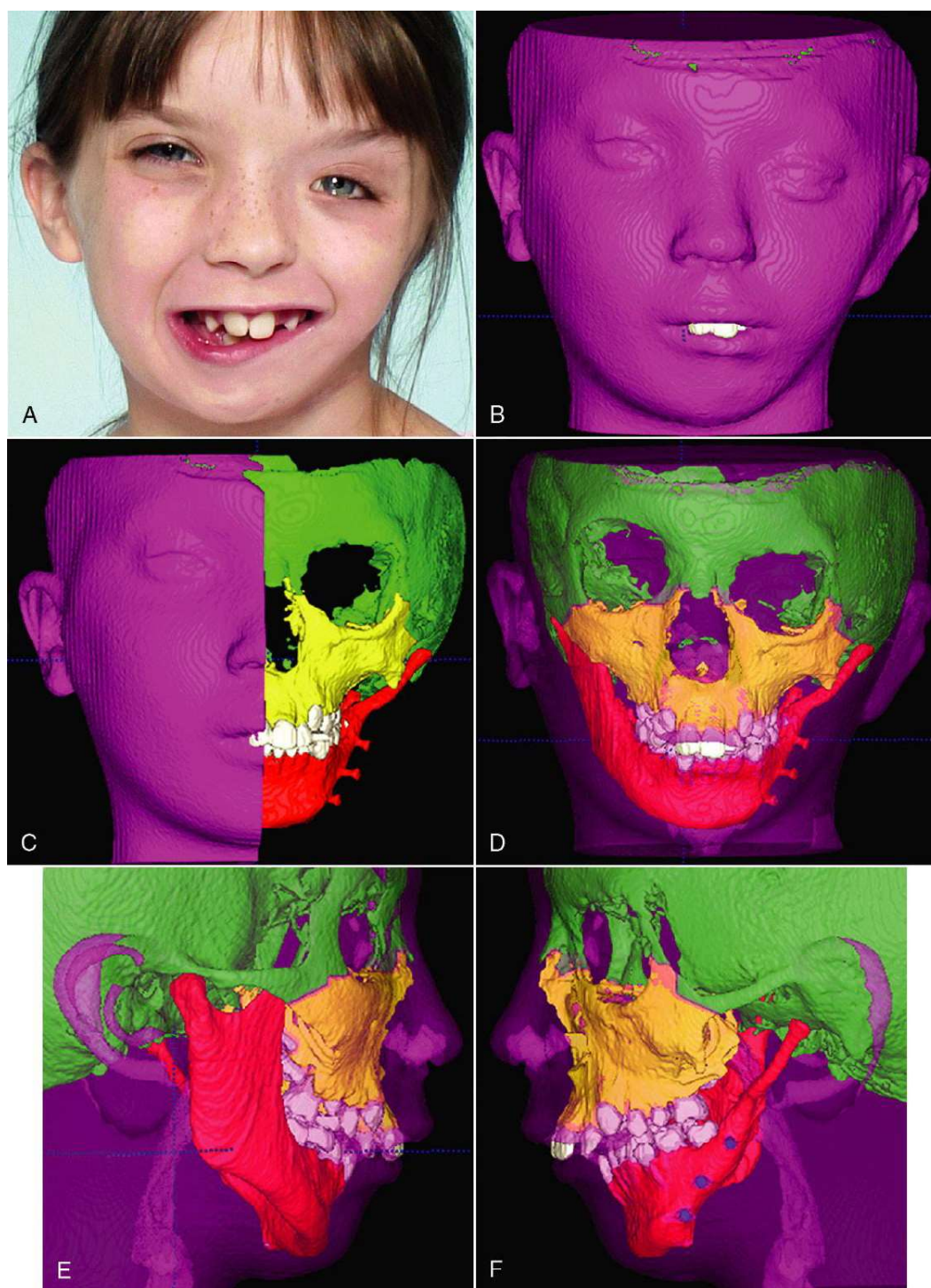
actuales sobre el crecimiento craneofacial se basan en los estudios cefalométricos.

**Imágenes en tres dimensiones.** Actualmente, se obtienen nuevas informaciones mediante la aplicación de técnicas de imágenes en tres dimensiones. La tomografía axial computarizada (TAC o más frecuentemente tomografía computarizada [TC]) permite reconstrucciones del cráneo y de la cara en 3-D, y este método se ha empleado durante años para la planificación de tratamientos quirúrgicos en pacientes con deformidades faciales (fig. 2-9). En años recientes se ha empleado con más frecuencia el haz de cono que la TC axial para efectuar imágenes faciales. Esto permite reducir considerablemente la dosis de radiación y los costes de la exploración. La TC de haz cónico (TCHC) permite examinar a los pacientes con una exposición a la radiación mucho más parecida a la dosis que representa un cefalograma. La superposición de imágenes en 3-D es mucho más difícil que las superposiciones empleadas con radiografías cefalométricas en 2-D, pero métodos desarrollados recientemente están superando esta dificultad (fig. 2-10).<sup>2</sup> La resonancia magnética (RM) proporciona también imágenes en 3-D que pueden ser útiles en estudios de crecimiento, con la ventaja de que con esta técnica no hay exposición a radiación. Este método ya ha sido aplicado para el análisis de los cambios de crecimiento producidos por aplicaciones funcionales.<sup>3</sup> Actualmente, la fotografía tridimensional permite realizar mediciones mucho más exactas de las dimen-

siones y los cambios de los tejidos blandos de la cara (fig. 2-11).<sup>4</sup> Casi con toda seguridad, en un futuro próximo se añadirán a los conocimientos de los patrones de crecimiento exámenes en 3-D más detallados de los cambios en pacientes en crecimiento.

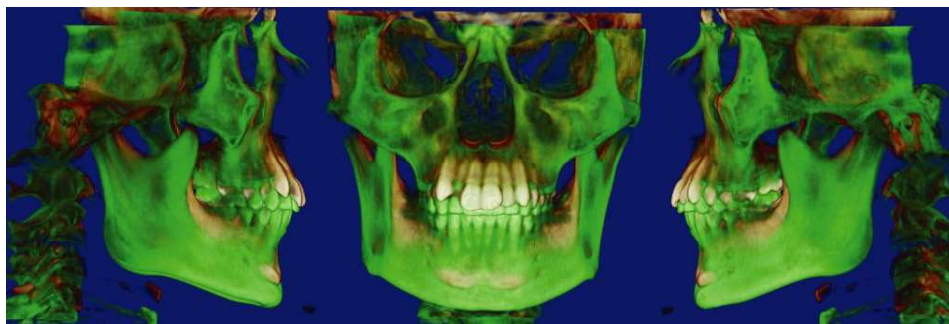
### Análisis de los datos de las mediciones

Tanto los datos antropométricos como los cefalométricos pueden expresarse en forma de corte transversal en vez de longitudinal. Obviamente, sería mucho más fácil y rápido realizar un estudio de corte transversal recogiendo datos de cualquier individuo e incluyendo a sujetos de diferentes edades, en vez de emplear muchos años en un estudio que midiese repetidamente a los mismos individuos. Ese es el motivo de que casi todos los estudios sean de corte transversal. Sin embargo, cuando se usa este método, la variabilidad dentro de la misma muestra puede enmascarar detalles sobre el patrón de crecimiento, sobre todo cuando no se corrige la variación cronológica (fig. 2-12). En un estudio de corte transversal solo se apreciarían las fluctuaciones que pueden producirse en la curva de crecimiento de casi todos los individuos, siempre que se produjeran en el mismo momento en todos ellos, lo cual es muy poco probable. Los estudios longitudinales son eficaces porque permiten obtener gran cantidad de información a partir de un número relativamente pequeño de sujetos, menor del que se precisaría en un estudio de corte transversal. Además, los datos longitudinales permiten apreciar mejor las variaciones

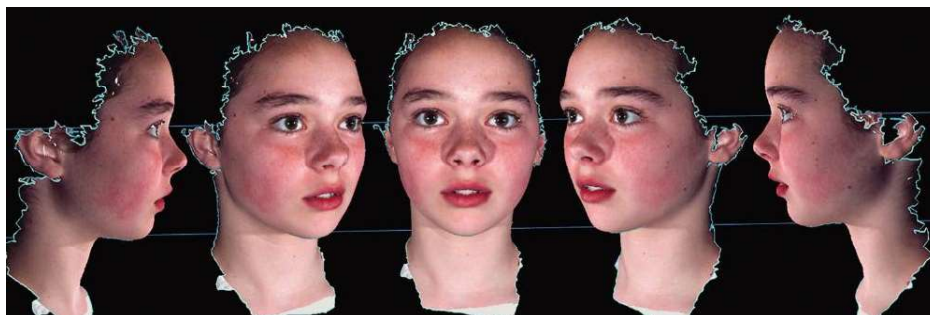


**FIGURA 2-9** Las imágenes de tomografía computarizada (TC) son la mejor manera de determinar los detalles de las deformidades esqueléticas. Estas imágenes de una niña de 9 años (A) con una microsomía hemifacial grave (y previas al tratamiento quirúrgico para la reconstrucción del lado afectado de su mandíbula) ilustran cómo las imágenes de TC pueden mostrar tanto los contornos de la piel como de las relaciones óseas. Se puede añadir color a las diferentes estructuras para su mejor visualización (B) y se pueden transparentar las superficies (como en C y en F) para mostrar las estructuras esqueléticas por debajo. Imágenes de este tipo facilitan en gran medida la planificación de los tratamientos quirúrgicos. (Por cortesía del Dr. L. Cevidanes.)





**FIGURA 2-10** La superposición de imágenes tomográficas plantea más dificultades que la superposición de calcos cefalométricos, pero sigue siendo imprescindible para cuantificar los cambios y puede servir para visualizar dichos cambios con gran detalle. Estas imágenes se basan en una superposición de dos imágenes volumétricas registradas sobre la base craneal. Se ha superpuesto el volumen postratamiento, en color verde, sobre el volumen pretratamiento, en marrón. Los cambios se han debido a una combinación del crecimiento y el tratamiento. Los cambios más llamativos han sido el crecimiento anteroinferior del maxilar inferior y la erupción de los dientes superiores. (Por cortesía de los Drs. C. Nurko y D. Grauer.)



**FIGURA 2-11** Imágenes de una misma fotografía obtenida con una cámara 3dMD. Con la misma exposición de la cabeza se pueden capturar diferentes imágenes de perfil, oblicuas y frontales, así como medir con gran exactitud las dimensiones y proporciones de los tejidos blandos en cualquiera de las orientaciones de la cara, lo que convierte la cámara 3-D en una herramienta de investigación muy útil.

individuales, en especial las producidas por los efectos del paso del tiempo.

Los datos obtenidos en las mediciones pueden presentarse gráficamente de diferentes formas, y con frecuencia es posible discernir los cambios en el crecimiento modificando el método de presentación. Por ejemplo, ya hemos visto que los datos del crecimiento pueden indicarse expresando el tamaño alcanzado en función de la edad, lo que se conoce como curva de «distancia», o con una curva de «velocidad», que no indica la estatura total, sino el aumento producido cada año (v. fig. 2-5). Los cambios en la velocidad de crecimiento se aprecian mucho mejor en la curva de velocidad.

Pueden aplicarse otras transformaciones matemáticas a los datos del crecimiento para facilitar su comprensión. Por ejemplo, el crecimiento ponderal de un embrión en una fase precoz sigue una curva logarítmica o exponencial, ya que el crecimiento se basa en la división de las células; cuanto mayor es el número de células, más divisiones celulares pueden producirse. Si se presentan los mismos datos utilizando el logaritmo del peso, se obtiene una gráfica en línea recta (fig. 2-13), lo que demuestra que el ritmo de multiplicación celular en el embrión se mantiene más o menos constante.

D'Arcy Thompson<sup>5</sup> utilizó hace muchos años transformaciones matemáticas más complejas para demostrar similitudes en los cambios de las proporciones y del crecimiento que no se habían sospechado con anterioridad (fig. 2-14). Para poder interpretar

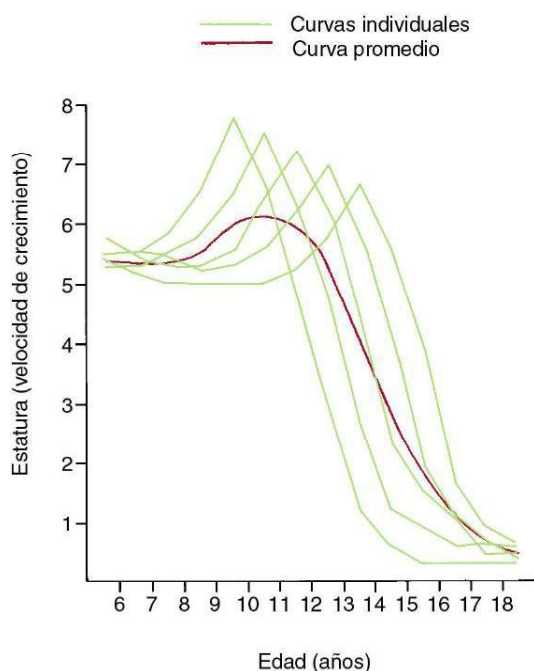
correctamente los datos tras las transformaciones matemáticas, es necesario saber cómo se han transformado los datos, pero este método resulta muy útil para desentrañar los conceptos del crecimiento. La lectura de la presentación clásica de Thompson sigue siendo estimulante.

## Métodos experimentales

### Tinción vital

Se ha obtenido una gran cantidad de información acerca del crecimiento esquelético por medio de una técnica a la que se denomina *tinción vital*, y en la que se inyectan a animales colorantes que tiñen los tejidos mineralizados (o, en ocasiones, los tejidos blandos). Estos tintes se fijan a los huesos y los dientes y pueden detectarse al sacrificar al animal. Este método fue ideado por John Hunter, el gran anatomista inglés del siglo XVIII. Hunter observó que los huesos de los cerdos que comían ocasionalmente residuos textiles solían teñirse de una forma muy interesante. Descubrió que el agente activo era un tinte llamado *alizarina*, que sigue usándose en la actualidad en estudios de tinción vital. La alizarina reacciona intensamente con el calcio en las zonas en las que se está calcificando el tejido óseo. Dado que esas son las zonas de crecimiento esquelético activo, el colorante marca al ser inyectado los puntos en los que se estaba produciendo un crecimiento activo. El hueso se remodela con rapidez, y también se pueden identificar las zonas en las que se está eliminando hueso, ya que se



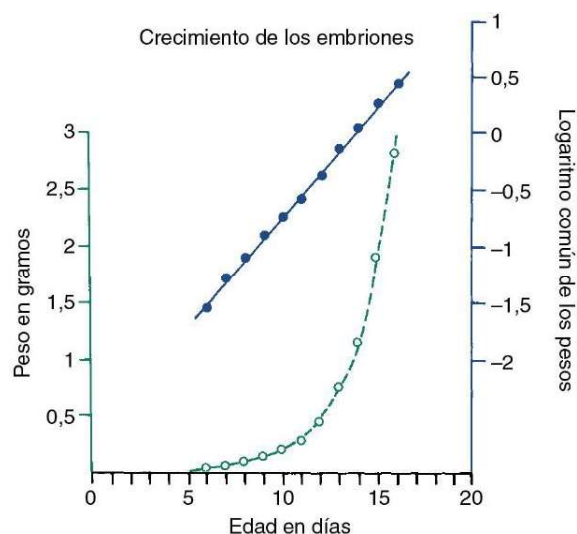


**FIGURA 2-12** Si se representan en una escala cronológica los datos de la velocidad de crecimiento de un grupo de individuos con aceleraciones del crecimiento puberal en momentos diferentes, se observa que la curva promedio no es una representación exacta del patrón de crecimiento de ningún individuo en particular. Esta moderación de la variación individual es una característica de los datos de corte transversal y una limitación importante para el empleo de este sistema en los estudios de crecimiento. Solo si seguimos a un individuo a lo largo del tiempo en un estudio longitudinal, podremos apreciar los detalles de los patrones de crecimiento.

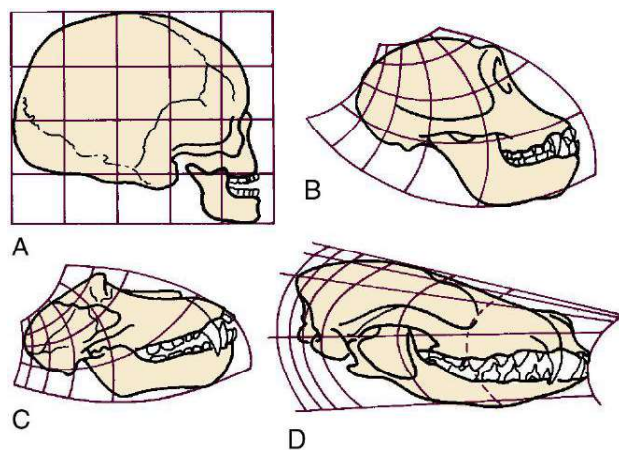
ha eliminado de esas zonas materia viva teñida (fig. 2-15). Están disponibles estudios muy detallados en animales experimentales sobre los cambios óseos en el desarrollo craneofacial, a partir de trabajos realizados en el National Institute of Dental Research.<sup>6</sup>

Aunque en los seres humanos no es posible llevar a cabo estudios de tinción vital, sí se puede producir en los mismos un fenómeno de tinción vital. Muchos niños nacidos a finales de los años cincuenta y principios de los sesenta recibieron tetraciclinas como tratamiento para diversas infecciones recidivantes. Se descubrió demasiado tarde que las tetraciclinas son una excelente tinción vital, que se une al calcio en las zonas de crecimiento igual que la alizarina. El cambio de coloración que se produce en los incisivos tras la administración de tetraciclina cuando los dientes están mineralizándose ha supuesto un desastre estético para algunas personas (fig. 2-16). Aunque esto no debería ocurrir en la actualidad, todavía se observa ocasionalmente.

Con la aparición de los trazadores radiactivos, ha sido posible utilizar casi cualquier metabolito radiomarcado que se incorpore a los tejidos como una especie de tinción vital. Por supuesto, su distribución debe detectarse merced a la débil radiactividad que desprenden en la zona en la que se han incorporado. Puede utilizarse el isótopo  $Tc^{99m}$ , emisor de radiaciones  $\gamma$ , para detectar zona de crecimiento óseo rápido en los seres humanos, si bien las imágenes obtenidas son más útiles en

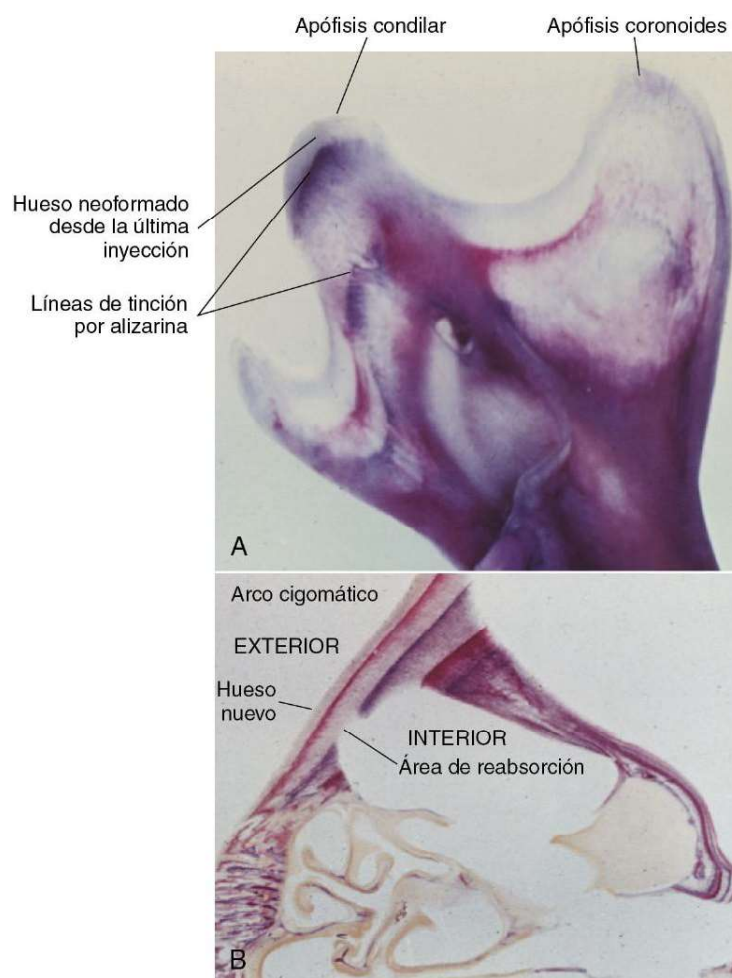


**FIGURA 2-13** Datos sobre el aumento ponderal en embriones jóvenes; se han representado en verde dichos datos y en azul la conversión logarítmica de los mismos. En esta fase, el peso del embrión aumenta espectacularmente, pero, como demuestra la línea recta tras la conversión, el ritmo de multiplicación de las células se mantiene bastante constante. Al haber más células presentes, se pueden producir más divisiones, y el peso aumenta más rápidamente. (Tomado de Lowery GH. Growth and Development of Children. 8th ed. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1986.)



**FIGURA 2-14** A principios de la década de 1900, D'Arcy Thompson demostró que se podían representar mediante la transformación matemática de una cuadrícula los cambios en la forma de la cara del hombre (A) y en la de un chimpancé (B), un mono (C), un perro (D) u otros animales. La aplicación de este método permitió descubrir similitudes anteriormente insospechadas entre las distintas especies. (Reproducido a partir de Thompson DT. On Growth and Form. Cambridge: Cambridge University Press; 1961.)

el diagnóstico de los problemas localizados del crecimiento (v. capítulo 19) que en el estudio de los patrones de crecimiento. En la mayoría de los estudios de crecimiento se emplea la técnica autorradiográfica para detectar el material radiomarcado en los tejidos de los animales experimentales; se coloca una



**FIGURA 2-15** **A.** Mandíbula de una rata que recibió cuatro inyecciones de alizarina (rojo-azul-rojo-azul) a intervalos de 2 semanas y fue sacrificada 2 semanas después de la última inyección (por ello el hueso formado desde ese momento es blanco). La remodelación del hueso de forma simultánea a su crecimiento enturbia algunas de las líneas de hueso intensamente coloreado por cada inyección, pero se pueden ver con claridad las líneas secuenciales rojo-azul en la apófisis condilar. **B.** Corte a través del arco cigomático, correspondiente al mismo animal. El arco cigomático crece hacia fuera por aposición de hueso sobre la superficie exterior y eliminación de la superficie interior. Las interrupciones de las líneas de tinción en la superficie interior muestran claramente las zonas en las que se está eliminando tejido óseo. Lo que era la superficie exterior del arco cigomático en un momento dado se convierte en la superficie interior en un tiempo relativamente corto, y posteriormente desaparece.

película de emulsión fotográfica sobre un corte fino de tejido que contenga el isótopo y se expone a la radiación en la oscuridad. Una vez revelada la película, se puede visualizar la situación de la radiación, que indica la zona en que se está produciendo el crecimiento, al observar el corte de tejido a través de la película superpuesta (fig. 2-17).

### Radiografía de implantes

Otro método experimental, aplicable a estudios con seres humanos, es la radiografía de implantes. En esta técnica, se colocan agujas metálicas inertes en cualquiera de los huesos del esqueleto, incluidos los faciales y maxilares. Dichas agujas son bien toleradas por el esqueleto y se incorporan permanentemente al hueso sin ningún problema y se ven fácilmente en un cefalograma (fig. 2-18). Si se colocan implantes metálicos en los maxilares, se logra un incremento considerable en la precisión del análisis

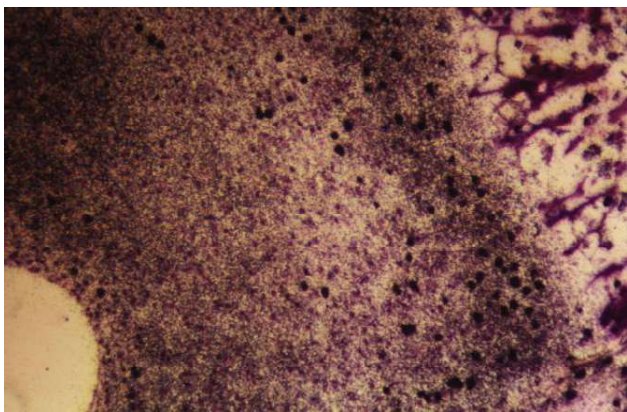
cefalométrico longitudinal del patrón de crecimiento. Este método de estudio, muy utilizado por el profesor Arne Björk y sus colaboradores en el Royal Dental College de Copenhague (Dinamarca), y muy empleado allí por los investigadores (v. capítulo 4), ha aportado nuevos e importantes datos sobre los patrones de crecimiento de los maxilares. Antes de emplear implantes en los estudios radiológicos, se subestimaba la importancia de los cambios de remodelación en la forma de los huesos maxilares y se ignoraba el patrón de crecimiento rotacional de la mandíbula que se describe en el capítulo 4.

En la actualidad, la evaluación precisa del crecimiento dentofacial en el ser humano mediante el empleo de cefalogramas de implantes ha sido ampliamente superado por las imágenes en 3-D por TC o RM, pero el empleo de implantes aún puede ser útil como marcador para las superposiciones.





**FIGURA 2-16** Tinción tetraciclínica de los dientes de un niño que recibió dosis elevadas de tetraciclina a causa de infecciones repetidas de las vías respiratorias altas durante su primera infancia. Por la localización de la tinción, es evidente que la tetraciclina no fue administrada durante la lactancia, sino que las grandes dosis empezaron cuando estaban a medio formar las coronas de los incisivos centrales, aproximadamente a los 30 meses de vida.



**FIGURA 2-17** Autorradiografías de huesos de feto de rata en cultivo orgánico, con prolina  $C^{14}$  y timidina  $H^3$  en el medio de cultivo. La timidina se incorpora al ADN, que se replica cuando una célula se divide, de modo que los núcleos marcados son los que sufrieron alguna mitosis durante el cultivo. Dado que la prolina es un componente importante del colágeno, el marcado citoplásmico señala las zonas en las que se ha incorporado la prolina, fundamentalmente en el colágeno secretado extracelularmente.

### Influencias genéticas en el crecimiento

Los rápidos avances en el campo de la genética molecular nos están proporcionando nuevos datos sobre el crecimiento y su control. Por ejemplo, se ha podido comprobar que los genes homeobox *Msx* (conocidos por su importancia crucial en el establecimiento del plan corporal, la formación de patrones y la morfogenia) se expresan de manera diferencial en el crecimiento del maxilar inferior. *Msx1* se expresa en el hueso basal pero no en el proceso alveolar, mientras que *Msx2* se expresa intensamente en este último.<sup>7</sup> Actualmente, sabemos que una disminución de actividad en la vía Hedgehog provoca holo-



**FIGURA 2-18** Radiografía cefalométrica lateral procedente de los archivos de los estudios implantológicos de Björk, en la que puede verse a un paciente con seis implantes superiores y cinco inferiores de tantalio. (Por cortesía del Departamento de Ortodoncia, Universidad de Copenhague, Dinamarca.)

prosencefalia (falta de desarrollo de la nariz) e hipertelorismo, y que un exceso de actividad por un truncamiento de los cilios primarios de las células de la cresta neural craneal produce hipertelorismo y displasia frontonasal.<sup>8</sup> Recientemente, se ha comprobado también que la señalización Hedgehog actúa en dos pasos diferentes de la morfogenia discal: el inicio del cóndilo y la separación de disco y cóndilo durante la formación de la articulación temporomandibular (ATM).<sup>9</sup> El funcionamiento correcto de las familias de factores de crecimiento y sus receptores homólogos resulta esencial para la regulación de los procesos embrionarios de crecimiento de las células y desarrollo de los órganos, así como para innumerables procesos posnatales como el crecimiento, la cicatrización de las heridas, la remodelación del hueso y la homeostasia.

La interacción entre los diferentes tejidos dentro del complejo craneofacial crea otro nivel más de regulación del crecimiento y del desarrollo. Un ejemplo de esto sería la convergencia del desarrollo de los músculos que se insertan en la mandíbula y las áreas óseas a las que se insertan. A la vez que existe un número de genes involucrados en la determinación del tamaño mandibular, las alteraciones genéticas en el desarrollo muscular y funcional se traducen en cambios en las fuerzas que se ejercen sobre las áreas óseas donde se insertan los músculos, y esto conlleva a modificaciones esqueléticas tales como el proceso coronoideo o el área del ángulo gonial de la mandíbula. Las alteraciones genéticas que afectan a los músculos también afectarían a estas áreas esqueléticas. Para entender esto se deben identificar los genes específicos involucrados y deducir cómo se modifica su actividad, aunque ya es conocido que la expresión genética puede ser regulada por el estrés mecánico.

Un mejor conocimiento de cómo responderán al tratamiento los pacientes con problemas ortodóncicos cuyos orígenes de componente genético sean conocidos (el mejor ejemplo es una



maloclusión de clase III) nos ofrece una perspectiva excitante. Se han identificado locus cromosómicos asociados a la maloclusión de clase III.<sup>10</sup> Está claro que existen varios subtipos de clase III, y que necesariamente el primer paso será una mejor caracterización de estos fenotipos. Establecer los marcadores fenotípicos (distinguir de las características clínicas) nos da la posibilidad de establecer definitivamente las correlaciones con los modos hereditarios y es necesario para los estudios de los eslabones que clarifiquen las bases genéticas del problema. Ya se ha identificado la mutación que causa el fallo primario de la erupción (FPE),<sup>11</sup> y por primera vez es posible identificar un problema ortodóncico a partir de una muestra de sangre o de saliva. Es previsible que en el futuro el análisis genético de la sangre o de otros tejidos se use para identificar a los pacientes con problemas ortodóncicos que respondan bien o insuficientemente a diferentes modalidades de tratamiento, a la vez que se está determinando ya la previsible respuesta a tratamientos con terapias farmacológicas.<sup>12</sup>

Los experimentos que clarifican cómo el crecimiento es controlado a nivel celular ofrecen interesantes expectativas para un mejor control del crecimiento en el futuro. Se calcula que aproximadamente dos tercios de los 25.000 genes humanos juegan un papel en el desarrollo craneofacial, por lo que es evidente que están involucrados complejos patrones de actividad genética, e interacciones génicas complejas interactúan con influencias externas sobre el crecimiento. Es improbable que los análisis genéticos puedan aplicarse alguna vez al plan de tratamiento de la mayoría de los problemas ortodóncicos, pero podrían aportar valiosas informaciones sobre el mejor abordaje ante algunas de las más difíciles maloclusiones esqueléticas y tal vez de la aplicación de la genoterapia para problemas de crecimiento.<sup>13</sup>

## NATURALEZA DEL CRECIMIENTO ESQUELÉTICO

A nivel celular, solo existen tres posibilidades de crecimiento. La primera consiste en un aumento de tamaño de cada una de las células, lo que se conoce como *hipertrofia*. La segunda posibilidad es un aumento en el número de células, o *hiperplasia*. La tercera es la *secreción de sustancia extracelular*, que contribuye a un incremento de tamaño, independientemente del número o del tamaño de las propias células.

De hecho, estos tres procesos se dan en el crecimiento esquelético. La hiperplasia es una característica destacada de todas las formas de crecimiento. La hipertrofia se produce en una serie de circunstancias especiales, pero es un mecanismo menos importante que la hiperplasia en la mayoría de los casos. Aunque todos los tejidos del cuerpo secretan sustancia extracelular, este fenómeno tiene una importancia especial en el sistema esquelético, en el que esa sustancia termina por mineralizarse.

El hecho de que la sustancia extracelular del esqueleto se mineralice implica una importante distinción entre el crecimiento de los tejidos blandos o no mineralizados del cuerpo y el de los tejidos duros o calcificados. Los tejidos duros son los huesos, los dientes y a veces los cartílagos. Todos los demás son tejidos blandos. En la mayoría de los casos, el cartílago (en especial el

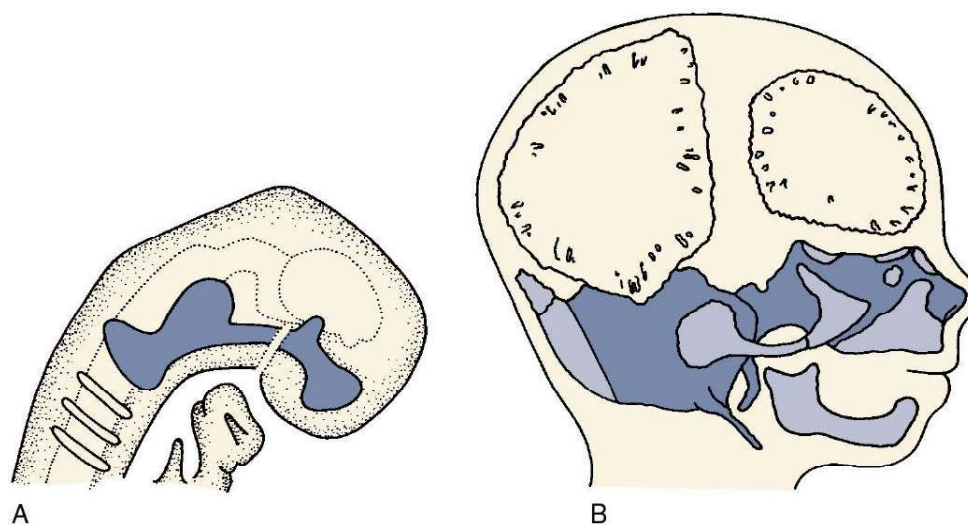
cartílago que participa en el crecimiento) se comporta como un tejido blando y hay que considerarlo como perteneciente a ese grupo y no al de los tejidos duros.

Los tejidos blandos crecen por una combinación de hiperplasia e hipertrofia. Estos procesos se desarrollan en todos los puntos del tejido, dando lugar a lo que se conoce como *crecimiento intersticial*, que significa simplemente que afecta a todas las partes del tejido. El crecimiento intersticial también puede acompañarse de secreción de sustancia extracelular, pero sus características fundamentales son la hiperplasia, en primer lugar, y la hipertrofia, en segundo lugar. Dentro del sistema esquelético, el crecimiento intersticial es característico de casi todos los tejidos blandos y del cartílago no calcificado.

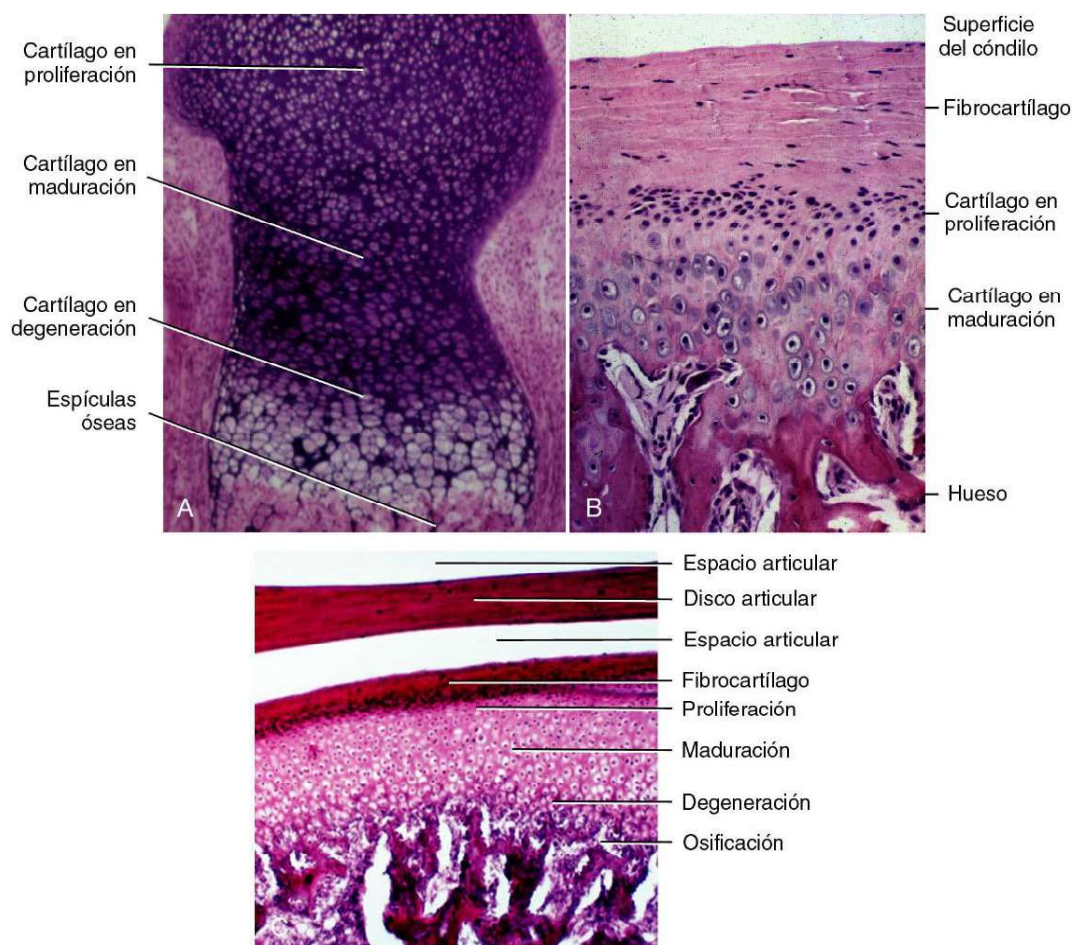
Por el contrario, cuando se produce la mineralización y se forma tejido duro, no es posible el crecimiento intersticial. Siguen siendo posibles la hiperplasia, la hipertrofia y la secreción de sustancia extracelular, pero en los tejidos mineralizados estos procesos solo pueden darse en la superficie y no en el seno de la masa mineralizada. Se puede producir la adición directa de hueso neoformado a la superficie del hueso existente, gracias a la actividad de las células del periostio (la membrana de tejido blando que recubre el hueso). Las nuevas células se forman en el periostio y la sustancia extracelular secretada allí se mineraliza y se convierte en nuevo tejido óseo. Este proceso se denomina *aposición superficial o directa* del hueso. El crecimiento intersticial es un aspecto relevante del crecimiento esquelético general, ya que una parte importante del sistema esquelético se modela originalmente a partir de cartílago. Esto incluye a la base del cráneo, así como al tronco y a las extremidades.

En la figura 2-19 se ha representado el cráneo cartilaginoso o condrocáneo a las 8 y a las 12 semanas de desarrollo intrauterino. El desarrollo del esqueleto cartilaginoso se produce más rápidamente durante el tercer mes de vida intrauterina. Una placa continua de cartílago se extiende desde la cápsula nasal posteriormente hasta el agujero occipital, en la base del cráneo. Hay que tener presente que el cartílago es un tejido casi avascular, cuyas células interiores se nutren por difusión a través de las capas exteriores. Ello implica, por supuesto, que el cartílago ha de ser fino. En las etapas iniciales del desarrollo, el tamaño extremadamente pequeño del embrión hace factible la existencia del condroesqueleto, pero al continuar el crecimiento ya no es posible esa disposición sin un suministro interno de sangre.

Durante el cuarto mes de vida intrauterina se produce una penetración de elementos vasculares sanguíneos hacia varios puntos internos del condrocáneo (y otras partes del esqueleto cartilaginoso inicial). Esas zonas se convierten en puntos de osificación, en los que el cartílago se convierte en hueso en el proceso denominado *osificación endocondral*, y aparecen islotes óseos en un mar de cartílago circundante (v. fig. 2-19, B). El cartílago sigue creciendo rápidamente, pero es reemplazado por hueso con la misma rapidez. El resultado es que la cantidad relativa de hueso aumenta rápidamente y la cantidad relativa (pero no la absoluta) de cartílago disminuye. Finalmente, el viejo condrocáneo queda representado únicamente por pequeñas zonas de cartílago interpuestas entre grandes secciones de hueso, que asumen la forma característica de los huesos etmoides, esfenoides y basilar. El crecimiento de estas cone-



**FIGURA 2-19** Desarrollo y maduración del condrocraqueo (cartilago: azul claro; hueso: azul oscuro punteado). **A.** Representación esquemática hacia la 8.ª semana. Se puede observar que una columna esencialmente sólida de cartilago se extiende desde la cápsula nasal, anteriormente, hasta la zona occipital, posteriormente. **B.** Desarrollo esquelético hacia la 12.ª semana. Han aparecido los centros de osificación en las estructuras cartilaginosas de la línea media y ha comenzado, además, la formación intramembranosa de hueso de los maxilares y la cubierta cerebral. A partir de este momento, el hueso reemplaza rápidamente al cartilago del condrocraqueo original, de modo que solo quedan pequeñas sincondrosis cartilaginosas conectando los huesos de la base del cráneo.



**FIGURA 2-20** **A.** Osificación endocondral en una placa epifisaria. El crecimiento se produce por proliferación del cartilago, que puede observarse aquí en la parte superior. Los condrocitos en maduración se ven desplazados de la zona de proliferación, se hipertrofian, degeneran y son sustituidos por espículas óseas, como se puede ver en la parte inferior. **B y C.** Osificación endocondral en la cabeza del cóndilo. Una lámina de fibrocartilago se extiende sobre la superficie, con células de proliferación justo debajo. Células cartilaginosas de maduración y degeneración se pueden observar hacia las zonas de osificación.



xiones cartilaginosas entre los huesos esqueléticos es parecido al crecimiento de las extremidades.

En los huesos largos de las extremidades aparecen centros de osificación en el centro y en los extremos de los huesos, lo que da lugar en última instancia a un eje central denominado *diáfisis*, y a un capuchón óseo en cada extremo denominado *epífisis*. Entre la epífisis y la diáfisis queda una zona remanente de cartílago no calcificado conocida como *placa epifisaria* (fig. 2-20, A). El cartílago de las placas epifisarias de los huesos largos es un centro importante para su crecimiento; de hecho este cartílago es el responsable de casi todo su crecimiento longitudinal. El periostio superficial de los huesos también desempeña un papel destacado en el aumento del espesor y en la remodelación de la configuración exterior.

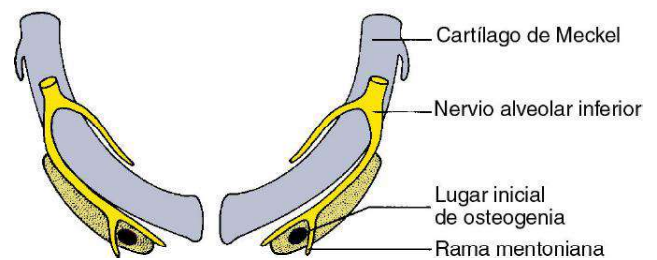
Cerca del extremo exterior de cada placa epifisaria existe una zona de células condrales que se dividen activamente. Algunas de ellas, empujadas hacia la diáfisis por la actividad proliferativa subyacente, se hipertrofian, secretan una matriz extracelular y acaban degenerando al empezar a mineralizarse la matriz y ser rápidamente sustituida por hueso. El crecimiento continuará mientras el ritmo de proliferación de los condrocitos sea igual o superior a su ritmo de maduración. Sin embargo, hacia el final del período normal de crecimiento, el ritmo de maduración supera al de proliferación, el cartílago restante es sustituido por hueso y desaparece la placa epifisaria. En ese momento se ha completado el crecimiento óseo, excepto en lo referente a los cambios superficiales en su espesor, que dependen del periostio.

También se observa osificación endocondral en el cóndilo mandibular, que superficialmente parece la mitad de una placa epifisaria (v. fig. 2-20, B y C). Sin embargo, como veremos más adelante, el cartílago condilar no se comporta como una placa

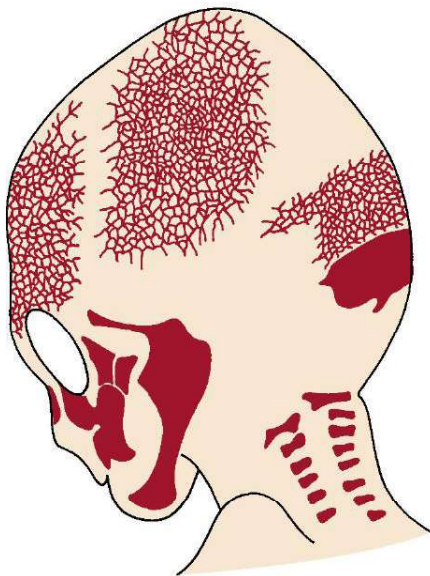
epifisaria; y esta diferencia es importante para poder comprender el crecimiento mandibular.

No todos los huesos del esqueleto adulto están representados en el modelo cartilaginoso embrionario; se puede formar hueso por secreción de matriz ósea directamente en el tejido conjuntivo, sin la formación intermedia de cartílago. A este tipo de formación ósea se le conoce como *osificación intramembranosa*. Este tipo de formación ósea se observa en la bóveda craneal y en ambos maxilares (fig. 2-21).

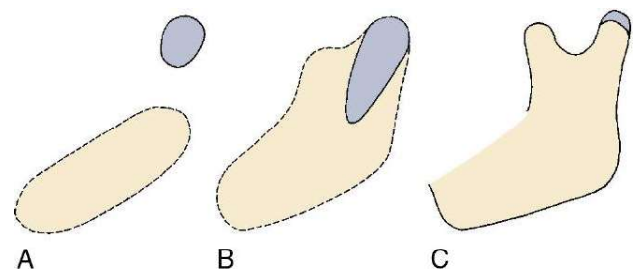
Al principio de la vida embrionaria, la mandíbula de los animales superiores se desarrolla en la misma zona que el cartílago del primer arco faríngeo, o cartílago de Meckel. Podría pensarse que la mandíbula representaría la sustitución ósea de este cartílago, del mismo modo que el hueso esfenoides (situado bajo el cerebro) reemplaza el cartílago de esa zona. De hecho, el desarrollo de la mandíbula comienza como una condensación del mesénquima inmediatamente lateral al cartílago de Meckel y continúa como una formación de hueso intramembranoso (fig. 2-22). El cartílago de Meckel se desintegra y desaparece en gran medida al desarrollarse la mandíbula ósea. Restos de este cartílago se transforman en una parte de dos de los huesos pequeños que forman los huesecillos del oído medio, pero no en una parte importante



**FIGURA 2-22** Representación esquemática de las relaciones entre la formación inicial de hueso en la mandíbula con el cartílago de Meckel y el nervio alveolar inferior. El hueso empieza a formarse justo al lado del cartílago de Meckel y se expande posteriormente a lo largo del mismo sin que se produzca una sustitución directa del cartílago por el hueso neoformado en la mandíbula. (Reproducido a partir de Ten Cate AR. Oral Histology: Development, Structure, and Function. 5th ed. St. Louis: Mosby; 1998.)



**FIGURA 2-21** Huesos del cráneo de un feto de 12 semanas dibujados a partir de una muestra teñida con alizarina y aclarada. (Reproducido a partir de Sadler TW, Langman J. Langman's Medical Embryology. 9th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.)



**FIGURA 2-23** El cartílago condilar (azul) se desarrolla inicialmente como una zona de condensación separada de la del cuerpo de la mandíbula, y solo más tarde se incorpora al mismo. **A.** Zonas separadas de condensación mesenquimatosa a las 8 semanas. **B.** Fusión del cartílago con el cuerpo de la mandíbula a los 4 meses. **C.** Situación en el momento de nacer (reducido a escala).



de la mandíbula. Su pericondrio persiste, formando el ligamento esfenomandibular. El cartílago condilar se desarrolla inicialmente como un cartílago secundario independiente, que está separado del cuerpo de la mandíbula por un hueso considerable (fig. 2-23). A comienzos del período fetal se fusiona con la rama mandibular en desarrollo.

El maxilar se forma inicialmente a partir de un centro de condensación mesenquimatoso del proceso maxilar. Esta zona se encuentra en la superficie lateral de la cápsula nasal, la parte más anterior del condrocraqueo, pero la osificación endocondral no contribuye directamente a la formación del hueso maxilar. El cartílago cigomático o malar, un cartílago accesorio que se forma a partir del proceso malar en desarrollo, desaparece y es reemplazado completamente por hueso mucho antes del nacimiento, a diferencia del cartílago condilar, que persiste.

Cualquiera que sea la zona en que se forme hueso intramembranoso, no es posible producir crecimiento intersticial en el seno de la masa mineralizada, y el hueso debe formarse enteramente por aposición de hueso neoformado a las superficies libres. Se puede modificar su forma por eliminación (reabsorción) de hueso en una zona y adición (aposición) de hueso en otra (v. fig. 2-15). Este equilibrio entre aposición y reabsorción, con formación de hueso nuevo en algunos puntos y eliminación de hueso viejo en otros, es un componente fundamental del proceso de crecimiento. La formación de hueso nuevo a partir de un predecesor cartilaginoso o formación ósea directa en el seno del mesénquima se denomina habitualmente *modelación*; los cambios en la forma de ese hueso neoformado como consecuencia de la reabsorción y la sustitución se denominan *remodelación*. Teniendo presente esta distinción resultará más fácil comprender las secciones siguientes de este capítulo.

## ZONAS Y TIPOS DE CRECIMIENTO DEL COMPLEJO CRANEOFACIAL

Para comprender el crecimiento de cualquier parte del organismo, es necesario conocer: 1) las zonas o lugares de crecimiento; 2) el tipo de crecimiento que se produce en ese lugar; 3) los mecanismos de crecimiento (es decir, cómo se producen los cambios de crecimiento), y 4) los factores que determinan o controlan dicho crecimiento.

De cara al siguiente comentario sobre las zonas y los tipos de crecimiento de la cabeza y la cara, conviene dividir al complejo craneofacial en cuatro regiones que crecen de forma bastante diferente: la bóveda craneal, los huesos que recubren la superficie externa e interna del cerebro; la base del cráneo, el suelo óseo situado bajo el cerebro, que también es la línea divisoria entre el cráneo y la cara; el complejo nasomaxilar, constituido por la nariz, el maxilar y los pequeños huesos asociados, y la mandíbula. En las secciones siguientes de este capítulo se describen las zonas y los tipos de crecimiento. En la sección que viene a continuación analizamos el mecanismo y los factores determinantes del crecimiento en cada zona, a la luz de las teorías vigentes sobre el control del crecimiento.

### Bóveda craneal

La bóveda craneal está constituida por una serie de huesos planos que se originan directamente por formación de hueso intramembranoso, sin la intervención de precursores cartilaginosos. Desde el momento en que se inicia esa osificación en una serie de centros que prefiguran las unidades óseas anatómicas definitivas, el proceso de crecimiento es en su totalidad el resultado de la actividad perióstica en la superficie de estos huesos. La remodelación y el crecimiento se producen fundamentalmente en las zonas de contacto recubiertas de periostio que existen entre los huesos craneales contiguos, o *suturas craneales*, pero la actividad perióstica también modifica las superficies interiores y exteriores de estos huesos aplanados.

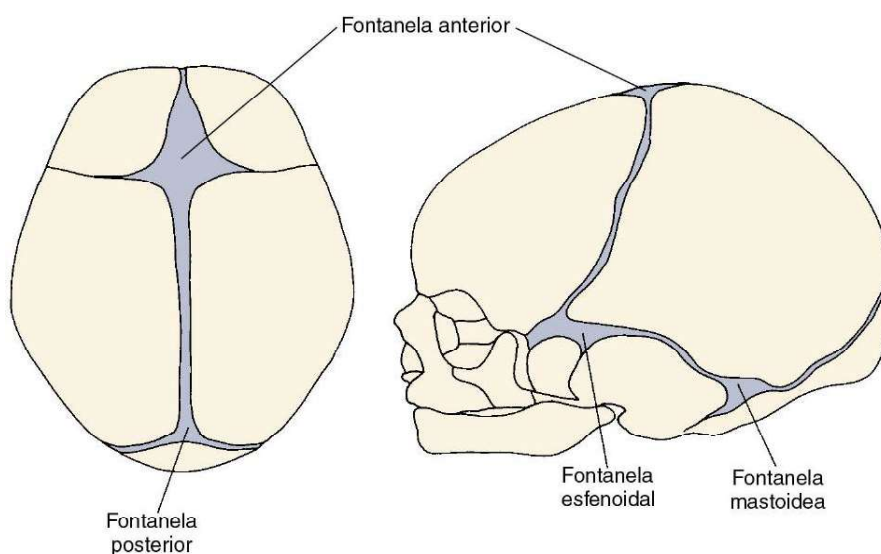
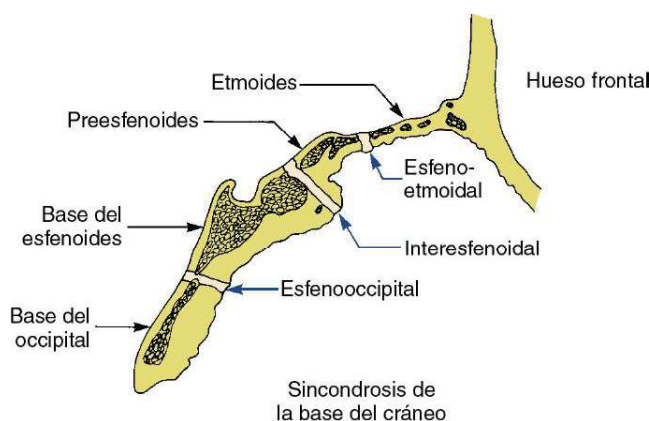


FIGURA 2-24 Fontanelas del cráneo de un recién nacido (azul).



**FIGURA 2-25** Representación esquemática de las sincondrosis de la base del cráneo que muestra la localización de estos importantes puntos de crecimiento.

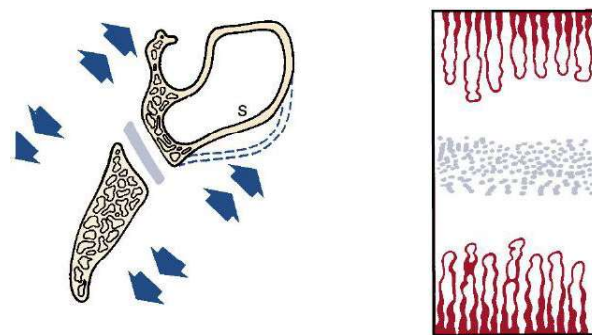
Al nacer, los huesos planos del cráneo están bastante separados por un tejido conjuntivo intermedio laxo (fig. 2-24). Estos espacios abiertos, o fontanelas, permiten que el cráneo se deforme considerablemente en el momento del parto. Esto es muy importante para que la cabeza (relativamente grande) pueda descender por el canal del parto (para más detalles, v. capítulo 3). Tras el nacimiento, la aposición de los huesos a lo largo de los bordes de las fontanelas va eliminando estos espacios abiertos con bastante rapidez, si bien los huesos siguen estando separados durante muchos años por una delgada sutura recubierta de periostio, que se fusiona en la edad adulta.

A pesar de su pequeño tamaño, la aposición de hueso neoformado en estas suturas es el principal mecanismo para el crecimiento de la bóveda craneal. Aunque la mayor parte de dicho crecimiento se produce en las suturas, existe una tendencia a eliminar hueso de la superficie interior de la bóveda craneal, al tiempo que se añade hueso neoformado a la superficie exterior. Esta remodelación de las superficies interior y exterior permite ir modificando el contorno durante el crecimiento.

## Base del cráneo

A diferencia de la bóveda craneal, los huesos de la base del cráneo (la base craneal) se forman inicialmente en el cartílago, y estos modelos cartilaginosos se transforman posteriormente en hueso por osificación endocondral. No obstante, la situación es más complicada que la de un hueso largo con placas epifisarias. La modelación condral se manifiesta especialmente en las estructuras de la línea media. Al desplazarnos lateralmente, adquiere más importancia el crecimiento en las suturas y la remodelación superficial.

Como hemos indicado anteriormente, los centros de osificación del condrocraqueo aparecen al comienzo de la vida embrionaria, marcando la ubicación definitiva de los huesos basilar, esfenoides y etmoides, que constituyen la base del cráneo. Al ir avanzando la osificación, persisten entre los centros de osificación franjas de cartílago denominadas *sincondrosis* (fig. 2-25). Los puntos importantes de crecimiento son las sincondrosis entre los huesos esfenoides y occipital, o *sincondrosis esfenooccipital*; entre las dos partes del esfenoides, o *sincondrosis interesfenoidal*, y entre el esfenoides y el etmoides, o *sincondrosis esfenoetmoidal*.



**FIGURA 2-26** Representación esquemática del crecimiento en la sincondrosis interesfenoidal. En el centro de la sincondrosis se encuentra una franja de condrocitos proliferantes inmaduros, mientras que otra franja de condrocitos en maduración se extiende en ambas direcciones, alejándose del centro, y se produce la osificación endocondral en ambos márgenes. El crecimiento a nivel sincondral expande esta zona de la base del cráneo. Incluso en la base del cráneo, es importante la remodelación del hueso superficial; por ejemplo, es el mecanismo por el que aumenta de tamaño el seno esfenoidal.

Histológicamente, una sincondrosis se parece a una placa epifisaria de dos caras (fig. 2-26). La sincondrosis tiene una zona de hiperplasia celular en el centro, con franjas de condrocitos en maduración que se extienden en ambas direcciones y que acabarán por ser sustituidas por hueso.

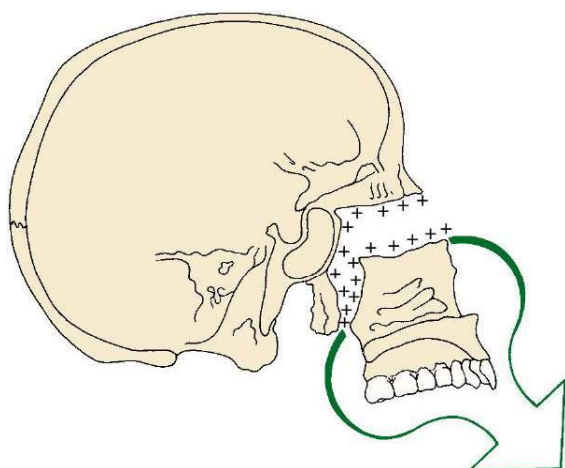
Una diferencia notable con los huesos de las extremidades consiste en que entre los huesos de la base del cráneo se desarrollan articulaciones inmóviles, que contrastan considerablemente con las articulaciones tan móviles de las extremidades. Por consiguiente, la base del cráneo se parece más a un único hueso largo, salvo por la presencia de múltiples sincondrosis similares a placas epifisarias. También existen articulaciones inmóviles entre casi todos los restantes huesos craneales y faciales; la mandíbula es la única excepción. Las suturas recubiertas de periostio del cráneo y la cara, y que no contienen cartílago, se diferencian bastante de las sincondrosis cartilaginosas de la base del cráneo.

## Maxilar (complejo nasomaxilar)

El maxilar se desarrolla por completo tras el nacimiento por osificación intramembranosa. Dado que no se produce sustitución de cartílago, el crecimiento se produce de dos formas: 1) por aposición de hueso en las suturas que conectan el maxilar con el cráneo y su base, y 2) por remodelación superficial. Sin embargo, en contraste con la bóveda craneal, los cambios superficiales que se observan en el maxilar son bastante llamativos y tan importantes como los que se producen en las suturas. Además, el maxilar es empujado hacia delante por el crecimiento de la base del cráneo detrás de él.

El patrón de crecimiento de la cara implica un crecimiento «hacia fuera desde debajo del cráneo», lo que significa que el maxilar debe recorrer en su crecimiento una distancia considerable hacia abajo y hacia fuera en relación con el cráneo y su base. Esto se lleva a cabo de dos maneras: 1) por un empuje posterior creado por el crecimiento de la base del cráneo, y 2) por el crecimiento en las suturas. Por el hecho de que el maxilar



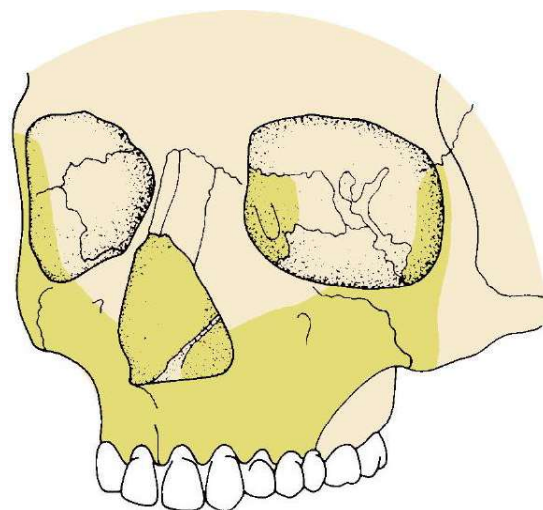


**FIGURA 2-27** A medida que el crecimiento de los tejidos blandos circundantes desplaza al maxilar hacia abajo y hacia delante, abriendo hueco en sus fijaciones suturales superiores y posteriores, va añadiéndose hueso neoformado a ambos lados de las suturas. (Reproducido a partir de Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.)

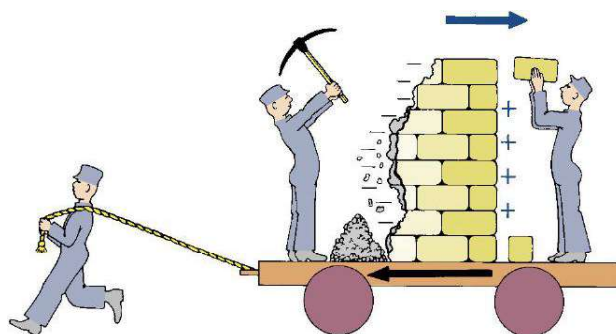
esté unido al extremo final anterior de la base del cráneo, el alargamiento de la base del cráneo lo empuja hacia delante. Hasta la edad de 6 años el desplazamiento producido por el crecimiento de la base del cráneo es una parte importante del crecimiento hacia delante del maxilar. El fracaso del alargamiento normal de la base del cráneo, como ocurre en la acondroplasia (v. fig. 5-28) y otros síndromes congénitos, crea una característica deficiencia hemifacial. Aproximadamente a los 7 años, el crecimiento de la base del cráneo se para, y el crecimiento de las suturas es el único mecanismo que lleva el maxilar hacia delante.

Como se puede ver en la figura 2-27, las suturas que fijan posterosuperiormente al maxilar están situadas de forma idónea para permitir su recolocación hacia abajo y hacia delante. Al producirse este desplazamiento anteroinferior, el espacio que de otra forma se abriría en las suturas se va rellenando por proliferación ósea a esos niveles. Las suturas mantienen su anchura y los diversos procesos maxilares se van alargando. Se produce aposición ósea en ambos lados de las suturas, de modo que los huesos a los que se une el maxilar también van aumentando de tamaño. Parte del borde posterior del maxilar es una superficie libre en la región de la tuberosidad. Se va añadiendo hueso a dicha superficie, creando un espacio adicional en el que erupcionan sucesivamente los molares deciduos y los permanentes.

Es muy interesante resaltar el hecho de que las superficies frontales del maxilar van remodelándose al tiempo que crece en sentido anteroinferior y se va eliminando hueso de gran parte de su superficie anterior. Se aprecia en la figura 2-28 que casi toda la superficie anterior del maxilar es una zona de reabsorción, no de aposición. Sería lógico pensar que, si la superficie anterior del hueso se desplaza en dirección anteroinferior, debería ser una zona a la que va añadiéndose hueso y no eliminándose. Sin embargo, la realidad es que se va eliminando hueso de la superficie anterior, a pesar de que dicha superficie crezca hacia delante.



**FIGURA 2-28** A medida que el maxilar se va desplazando hacia abajo y hacia delante, tiende a reabsorberse su superficie anterior. Las superficies de reabsorción se han representado en amarillo oscuro en la figura. Solo queda exceptuada una pequeña zona alrededor de la espina nasal anterior. (Reproducido a partir de Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.)

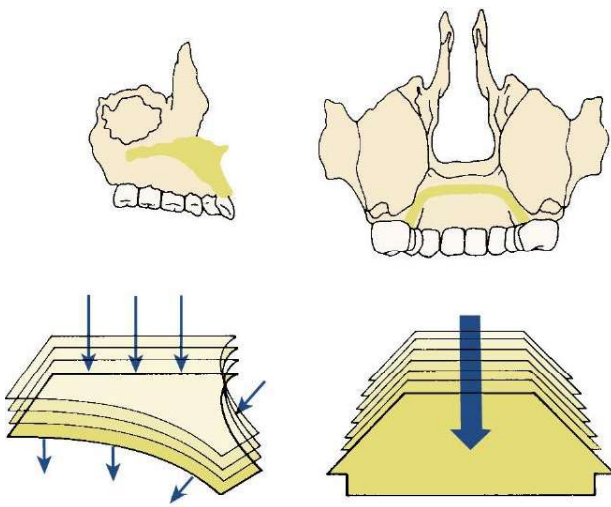


**FIGURA 2-29** La remodelación superficial de un hueso en la dirección opuesta a la del desplazamiento de dicho hueso por parte de las estructuras adyacentes da lugar a una situación análoga a la de este dibujo, en la que se está reconstruyendo la pared para moverla hacia atrás al mismo tiempo que la plataforma sobre la que se encuentra se desplaza hacia delante. (Reproducido a partir de Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.)

Para poder entender esta aparente paradoja, es necesario comprender que se están produciendo simultáneamente dos procesos bastante diferentes. Los cambios generales del crecimiento son el resultado de un desplazamiento anteroinferior del maxilar y de una remodelación superficial simultánea. Todo el complejo óseo nasofacial se desplaza hacia abajo y hacia delante en relación con el cráneo, desplazándose en el espacio. Enlow,<sup>14</sup> cuyos minuciosos estudios anatómicos sobre el esqueleto facial son la base de gran parte de nuestros conocimientos actuales, ha ilustrado este fenómeno en forma de historieta (fig. 2-29). El maxilar es como una plataforma sobre ruedas, que avanza rodando mientras que al mismo tiempo su superficie, representada por el muro en el dibujo, está siendo derribada por su cara anterior y reconstruida

por su cara posterior, desplazándose en el espacio en sentido contrario al del crecimiento general.

No es completamente cierto que la remodelación se oponga a la dirección de desplazamiento. Dependiendo de la zona, el desplazamiento y la remodelación pueden oponerse o ejercer un efecto aditivo. El efecto es aditivo, por ejemplo, en el cielo del paladar. Esta zona se desplaza hacia abajo y hacia delante con el resto del maxilar, pero al mismo tiempo va eliminándose hueso del lado nasal y añadiéndose al lado bucal, así se crea un movimiento anteroinferior adicional del paladar (fig. 2-30). Sin embargo, justo a su lado, la parte anterior del proceso alveolar es una zona de reabsorción, por lo que aquí la eliminación del hueso superficial tiende a contrarrestar parte del crecimiento anterior que se produciría por el desplazamiento de todo el maxilar.



**FIGURA 2-30** La remodelación del cielo del paladar (que es además el suelo de la nariz) se realiza en la misma dirección en que se desplaza; se elimina hueso del suelo de la nariz y se va añadiendo al cielo de la boca. Sin embargo, en la superficie anterior se elimina hueso, y se cancela en parte el desplazamiento anterior. Al desplazarse el cielo del paladar hacia abajo, el mismo proceso de remodelación ósea también se encarga de ensancharlo. (Reproducido a partir de Enlow DH, Hans MB. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.)

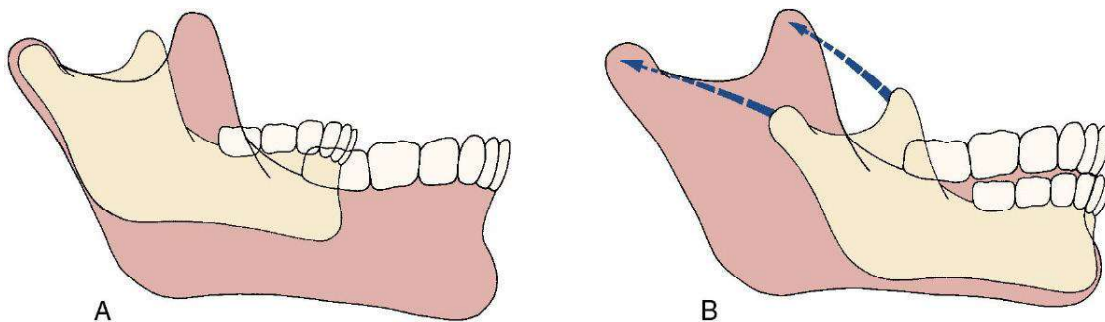
## Mandíbula

A diferencia de lo que sucede en el maxilar, en el crecimiento de la mandíbula son importantes la actividad endocondral y la perióstica, y el desplazamiento creado por el crecimiento de la base del cráneo que mueve la ATM desempeña un papel mínimo (con raras excepciones, v. fig. 4-9). El cartílago recubre la superficie del cóndilo mandibular de la ATM. Aunque este cartílago no es como el de las placas epifisarias o las sincondrosis, también se producen en él procesos de hiperplasia, hipertrofia y sustitución endocondral. Las restantes zonas de la mandíbula se forman y crecen por aposición superficial directa y remodelación.

El patrón general de crecimiento de la mandíbula se puede representar de dos formas, tal como se esquematiza en la figura 2-31. Dependiendo de la estructura de referencia, ambas son correctas. Si se toma como referencia al cráneo, el mentón se desplaza hacia abajo y hacia delante. Si se examinan los datos obtenidos en los experimentos de tinción vital, se observa que los principales puntos de crecimiento de la mandíbula son la superficie posterior de la rama mandibular y las apófisis condilar y coronoides. Se producen muy pocos cambios en la parte anterior de la mandíbula. Con esta referencia, la esquematización de la figura 2-31, B es correcta.

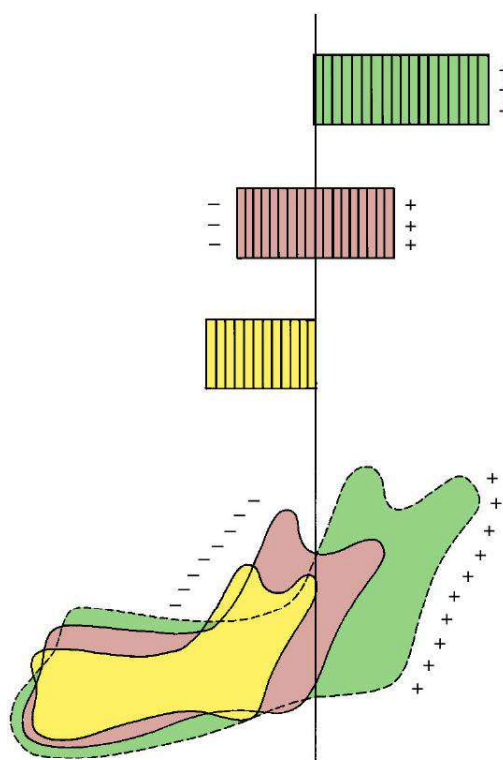
El mentón es una zona de crecimiento casi inactiva. Se desplaza en sentido anteroinferior, ya que el crecimiento se produce realmente en el cóndilo y a lo largo de la superficie posterior de la rama mandibular. El cuerpo de la mandíbula se alarga por aposición perióstica de hueso solo en su superficie posterior, mientras que la rama mandibular crece en altura por reposición endocondral en el cóndilo y por remodelación superficial. Conceptualmente, podemos considerar que la mandíbula se desplaza hacia abajo y hacia delante, al tiempo que aumenta de tamaño al crecer hacia atrás y hacia arriba. El desplazamiento se produce fundamentalmente al moverse el hueso en sentido anteroinferior acompañado por los tejidos blandos que lo envuelven.

En ningún otro sitio podemos encontrar un mejor ejemplo de reabsorción remodeladora que el del movimiento posterior de la rama de la mandíbula. La mandíbula va alargándose por aposición de hueso neoformado en la superficie posterior de la rama. Al mismo tiempo, se van eliminando grandes cantidades de hueso de la superficie anterior de la misma (fig. 2-32).



**FIGURA 2-31** A. Crecimiento de la mandíbula, visto desde la perspectiva de una base craneal estable: el mentón se desplaza hacia abajo y hacia delante. B. Crecimiento mandibular, visto desde la perspectiva de los estudios de tinción vital, que revela la existencia de cambios mínimos en el cuerpo y en la zona del mentón, así como un crecimiento y remodelación excepcionales en la rama mandibular, que la desplazan posteriormente. El concepto correcto consiste en que la mandíbula se desplaza hacia abajo y hacia delante y crece hacia arriba y hacia atrás en respuesta a ese desplazamiento, manteniendo su contacto con el cráneo.





**FIGURA 2-32** Al ir creciendo la mandíbula en longitud, la rama sufre una gran remodelación, hasta el punto de que el hueso de la punta de la apófisis condilar en una fase precoz puede encontrarse algunos años después en la superficie anterior de la rama mandibular. Dada la intensidad de los cambios de remodelación superficial, es un error evidente insistir en la formación de hueso endocondral a nivel condilar como el principal mecanismo de crecimiento mandibular. (Reproducido a partir de Enlow DH, Hans MB. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.)

En esencia, el cuerpo de la mandíbula se alarga al alejarse la rama mandibular del mentón, lo que se produce por eliminación ósea de la superficie anterior de la rama y aposición ósea en la superficie posterior. En un primer análisis, cabría esperar la existencia de un centro de crecimiento en algún punto por debajo de los dientes, de forma que el mentón pudiese crecer hacia delante, alejándose de la rama mandibular. Pero esto no es posible, ya que no hay cartílago ni puede producirse crecimiento intersticial. En su lugar, se produce la remodelación de la rama mandibular. Lo que en un momento dado era la superficie posterior, se convierte más adelante en la zona central y puede convertirse finalmente en la superficie anterior, al continuar el proceso de remodelación.

Durante la lactancia, la rama mandibular se encuentra aproximadamente en el sitio donde erupcionará el primer molar deciduo. La progresiva remodelación posterior crea espacio para que erupcione el segundo molar deciduo y después para la erupción ordenada de los molares permanentes. Sin embargo, es frecuente que este crecimiento cese antes de que se haya formado espacio suficiente para que erupcione el tercer molar permanente, que queda impactado en la rama de la mandíbula.

Otros aspectos del crecimiento de la mandíbula, especialmente en relación con el momento del tratamiento ortodóncico, se describen con más detalle en el capítulo 4.

## Tejidos blandos faciales

Un concepto importante es el de que el crecimiento de los tejidos blandos faciales no es perfectamente paralelo al crecimiento de los tejidos duros subyacentes. Debemos considerar el crecimiento de los labios y la nariz con más detalle.

### Crecimiento de los labios

Los labios se retrasan respecto del crecimiento de las mandíbulas en el período anterior a la adolescencia, y entonces experimentan un brote de crecimiento para igualarse. Debido a que la altura de los labios es relativamente corta durante los años de dentición mixta, la separación labial en reposo (frecuentemente llamada *incompetencia labial*) es máxima durante la infancia y disminuye durante la adolescencia (fig. 2-33). Los labios alcanzan su máximo grosor durante la adolescencia, para después disminuir (fig. 2-34), hasta el punto de que algunas mujeres entre los 20 y 30 años consideran la pérdida de grosor labial como un problema y buscan tratamiento para aumentarlo.

### Crecimiento de la nariz

El crecimiento del hueso nasal se completa hacia la edad de 10 años. Posteriormente, el crecimiento se hace únicamente a expensas del cartílago y los tejidos blandos, y ambos experimentan un brote considerable durante la adolescencia. El resultado es que la nariz se vuelve mucho más prominente en la adolescencia, especialmente en los chicos (fig. 2-35). Los labios se encuentran enmarcados por arriba por la nariz y por abajo por el mentón, los cuales se vuelven más prominentes con el crecimiento adolescente y postadolescente, al contrario que los labios, de ahí que disminuya su relativa prominencia. Este hecho puede ser un punto importante al determinar la cantidad de soporte que recibirá el labio de los dientes porque los tratamientos ortodóncicos suelen terminar normalmente al final de la adolescencia.

Los cambios de los tejidos blandos faciales producidos por la edad, que también deben ser tenidos en cuenta al planificar tratamientos ortodóncicos, se describen en el capítulo 4.

## TEORÍAS DE CONTROL DEL CRECIMIENTO

Es cierto que el crecimiento depende significativamente de factores genéticos, pero también puede verse muy afectado por el entorno, en forma de nivel de nutrición, grado de actividad física, estado de buena o mala salud y otros factores parecidos. Dado que una parte importante de las indicaciones del tratamiento ortodóncico se deben a un crecimiento desproporcionado de los maxilares, conviene conocer los factores y las circunstancias que actúan sobre el crecimiento esquelético para poder comprender los procesos etiológicos de la maloclusión y la deformidad dentofacial. En los últimos años se ha avanzado notablemente en el conocimiento del control del crecimiento. No obstante, sigue sin estar claro qué es lo que



**FIGURA 2-33** El crecimiento de los labios va siempre rezagado por detrás del crecimiento del esqueleto facial hasta la pubertad. En ese momento lo alcanza y suele sobrepasar el crecimiento esquelético después. Debido a ello, la separación de los labios y la exposición de los incisivos superiores alcanzan su momento máximo antes de la adolescencia, y disminuyen durante la adolescencia y el comienzo de la etapa adulta. **A.** A la edad de 11 años y 9 meses, antes de la pubertad. **B.** A la edad de 14 años y 8 meses, tras el estirón puberal. **C.** A los 16 años y 11 meses. **D.** A los 18 años y 6 meses.

determina exactamente el crecimiento de los maxilares y todavía es motivo de investigaciones intensivas.

En los últimos años, tres teorías importantes han tratado de explicar los factores que determinan el crecimiento craneofacial: 1) el hueso, como otros tejidos, es el principal factor determinante de su propio crecimiento; 2) el cartílago es el principal factor determinante del crecimiento óseo, mientras que el hueso responde de forma secundaria y pasiva, y 3) la matriz de tejido blando en la que se encuentran los elementos esqueléticos es el

principal determinante del crecimiento, y tanto el hueso como el cartílago son seguidores secundarios.

La diferencia principal entre estas teorías radica en el nivel en el que se expresa el control genético. La primera teoría implica que el control genético se expresa directamente a nivel óseo, por lo que su lugar de actuación sería el periostio. La segunda teoría, la del cartílago, sugiere que el control genético se expresa en el cartílago, mientras que el hueso responde pasivamente al verse desplazado. El control genético indirecto, independientemente de cuál sea su origen, se denomina *epigenético*. La tercera teoría





**FIGURA 2-34** Durante el brote de crecimiento de la adolescencia se incrementa el grosor de los labios, luego disminuye (y sorprendentemente es máximo en edades tempranas). Para algunas chicas, la pérdida de grosor de los labios se percibe como un problema al alcanzar la veintena. **A.** A los 14 años y 8 meses, al final del brote de crecimiento de la adolescencia. **B.** A los 16 años y 11 meses. **C.** A los 18 años y 6 meses. **D.** A los 19 años y 7 meses.

postula que el control genético actúa en gran medida fuera del sistema esquelético y que el crecimiento del hueso y del cartílago está controlado epigenéticamente, por lo que solo se produce como respuesta a una señal de otros tejidos. De acuerdo con nuestros conocimientos actuales, la realidad debe corresponder a una síntesis entre la segunda y la tercera teoría, mientras que la primera, aunque prevalente hasta los años sesenta, ha quedado prácticamente descartada.

### Nivel de control del crecimiento: lugares frente a centros de crecimiento

La distinción entre un *lugar* de crecimiento y un *centro* de crecimiento permite clarificar las diferencias que existen entre las distintas teorías de control del crecimiento. Un lugar de crecimiento es solo una zona en la que se produce un crecimiento, mientras que un centro de crecimiento es una zona en la que se produce un crecimiento independiente (controlado genéticamente). Todos los centros son además lugares de crecimiento, pero no a la



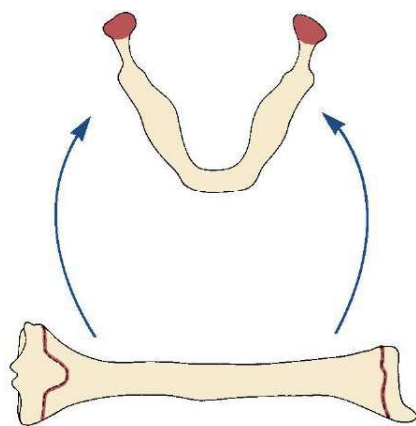
**FIGURA 2-35** El hueso nasal crece hasta aproximadamente la edad de 10 años, pero después de los 10, el crecimiento de la nariz se debe en mayor parte al crecimiento del cartilago y de los tejidos blandos. Especialmente en los chicos, la nariz se vuelve mucho más prominente, a la vez que el crecimiento sigue después del brote de crecimiento de la adolescencia (y este proceso perdura durante los años adultos). **A.** A los 4 años y 9 meses. **B.** A los 12 años y 4 meses. **C.** A los 14 años y 8 meses. **D.** A los 17 años y 8 meses.

inversa. La teoría de que los tejidos que originan el hueso llevan consigo sus propios estímulos para poder hacerlo se basa sobre todo en la observación de que el crecimiento craneofacial sigue un patrón general notablemente constante. Esta constancia se interpretó como una prueba de que los principales lugares de crecimiento eran también centros de crecimiento. En concreto, se consideró que las suturas entre los huesos membranosos del cráneo y los maxilares eran centros de crecimiento, junto con los puntos de osificación endocondral de la base del cráneo y del cóndilo mandibular. Desde este punto de vista, el crecimiento era

el resultado de la expresión de todos estos lugares de un programa genético. Por consiguiente, el mecanismo de desplazamiento de la mandíbula se considera que es el resultado de la presión creada por el crecimiento de las suturas, de tal forma que los huesos eran literalmente empujados hacia abajo y hacia delante.

Si esta teoría fuera correcta, el crecimiento en las suturas se produciría en gran parte independientemente del entorno y no sería posible modificar en gran medida la expresión del crecimiento en las suturas. Aunque esta era la teoría dominante del crecimiento, no se llevaron a cabo muchas tentativas para





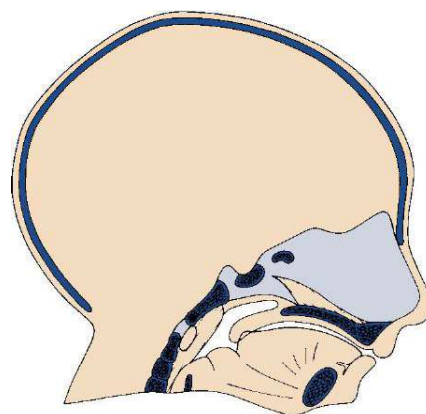
**FIGURA 2-36** En el pasado, se consideraba la mandíbula como análoga a un hueso largo que había sido modificado por: 1) la eliminación de las epífisis, que dejaba al descubierto las placas epifisarias, y 2) la modificación del eje óseo para adoptar la forma de una herradura. Por supuesto, si esta analogía fuese correcta, el cartilago de los extremos distales se comportaría como un verdadero cartilago de crecimiento. Los modernos estudios indican que esta analogía, aunque muy atractiva, es incorrecta.

modificar el crecimiento facial, ya que los ortodoncistas «sabían» que eso no era posible.

Ahora parece claro que las suturas, y en un sentido más general, los tejidos periósticos, no son los determinantes fundamentales del crecimiento craneofacial. Se llega a esta conclusión siguiendo dos líneas deductivas. La primera se basa en que cuando se trasplanta una zona de sutura entre dos huesos faciales a otra región (p. ej., a un bolsillo formado en el abdomen), el tejido no sigue creciendo. Ello indica que las suturas carecen de un potencial de crecimiento innato. En segundo lugar, se puede observar que el crecimiento en las suturas responde a las influencias exteriores en una serie de circunstancias. Si se separan mecánicamente los huesos craneales o faciales en las suturas, el hueco creado se llenará con hueso neoformado y los huesos alcanzarán un tamaño mayor del que habrían tenido de otra manera (v. fig. 2-27). Si se comprime una sutura, se inhibirá el crecimiento a ese nivel. Por consiguiente, debemos considerar las suturas como zonas que reaccionan y no como determinantes primarios. Las suturas de la bóveda craneal, de la base craneal lateral y del maxilar son lugares de crecimiento, pero no centros de crecimiento.

### El cartilago como factor determinante del crecimiento craneofacial

La segunda teoría de importancia postula que el factor determinante del crecimiento craneofacial es el crecimiento de los cartílagos. El hecho de que, en muchos huesos, el cartilago se encarga del crecimiento, mientras que el tejido óseo se limita a sustituirlo, hace muy atractiva la aplicación de esta teoría a los huesos maxilares. Si el crecimiento condral fuera la influencia fundamental, se podría considerar que el cartilago del cóndilo mandibular actúa como un regulador del crecimiento de ese hueso y que la remodelación de la rama mandibular, así como otros cambios superficiales, son un fenómeno secundario al crecimiento condral primario.



**FIGURA 2-37** Representación esquemática del condrocráneo en una fase temprana del desarrollo en la que se puede ver la gran cantidad de cartilago que hay en la región anterior y que finalmente se convierte en el tabique nasal cartilaginoso.

Podemos mirar la mandíbula imaginándonos que es como la diáfisis de un hueso largo, doblada en forma de herradura y privada de sus epífisis, de forma que el cartilago de los extremos represente «la mitad de una placa epifisaria» y que corresponde a los cóndilos mandibulares (fig. 2-36). Si esta fuera la situación real, el cartilago condilar debería actuar como un centro de crecimiento, comportándose básicamente como un cartilago epifisario de crecimiento. Desde esta perspectiva, el mecanismo de crecimiento anteroinferior del maxilar inferior constituiría un fenómeno de «empuje condral» por crecimiento en el cóndilo.

Resulta más difícil, pero no imposible, explicar el crecimiento del maxilar de acuerdo con la teoría del cartilago. Aunque no existe cartilago en el maxilar, sí existe en el tabique nasal, y el complejo nasomaxilar crece como una unidad. Los partidarios de la teoría del cartilago postulan que el tabique cartilaginoso nasal actúa como un regulador de otras facetas del crecimiento maxilar. En la figura 2-37 se puede ver que el cartilago está situado de tal manera que su crecimiento podría ser fácilmente el modelo para la traslación anteroinferior del maxilar superior. Si las suturas del maxilar superior actuaran como zonas reactivas, responderían al crecimiento del cartilago nasal formando hueso nuevo cuando las suturas se abrieran como consecuencia de las fuerzas generadas por el cartilago en crecimiento. Una zona pequeña de cartilago tendría que influir en una zona extensa de suturas, pero ciertamente es posible que exista esa función de marcapasos. El mecanismo para el crecimiento del maxilar superior consistiría inicialmente en un empuje anterior como resultado del alargamiento de la base del cráneo, y posteriormente en una tracción anterior desde el cartilago nasal.

Se han llevado a cabo dos tipos de experimentos para tratar de confirmar la idea de que el cartilago puede actuar como un verdadero centro de crecimiento. Estos experimentos se basan en el análisis de los resultados de los trasplantes de cartílagos y en la valoración de los efectos que tiene sobre el crecimiento el hecho de eliminar el cartilago a una edad temprana.

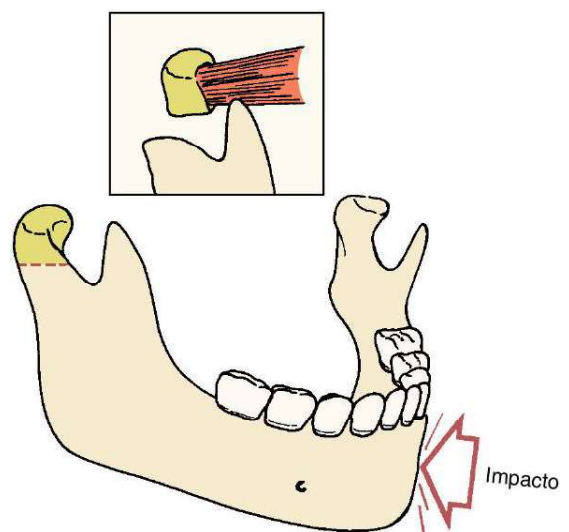
Los experimentos con trasplantes demuestran que no todos los cartílagos esqueléticos actúan del mismo modo al ser trasplantados. Si se trasplanta un fragmento de la placa epifisaria de un hueso largo, seguirá creciendo en su nueva ubicación o en los cultivos, lo que implica que estos cartílagos tienen una



**FIGURA 2-38** Vista de perfil de un hombre al que se le extirpó el tabique nasal cartilaginoso a los 8 años de edad por una lesión. La evidente deficiencia mesofacial apareció tras la resección del tabique.

capacidad innata de crecimiento. Parece probable que el cartílago de las sincondrosis de la base craneal se comportase de manera parecida si pudiese ser obtenido en el momento más adecuado. Resulta difícil obtener cartílago de las sincondrosis de la base craneal para realizar trasplantes, sobre todo a una edad temprana, que es cuando el cartílago crece activamente en condiciones normales; tal vez ello explica por qué el cartílago de esa zona no crece *in vitro* tan bien como el cartílago de una placa epifisaria. En experimentos anteriores, el trasplante de cartílago del tabique nasal dio resultados equívocos: algunas veces crecía y otras no. Sin embargo, en experimentos más precisos realizados recientemente se ha podido comprobar que el cartílago del tabique nasal crece en cultivo casi tan bien como el cartílago de placa epifisaria.<sup>15</sup> Cuando se trasplantó el cóndilo mandibular al interior del cerebro, se observó un crecimiento escaso o nulo, y en estudios recientes de mayor precisión el cartílago del cóndilo mandibular mostró un crecimiento notablemente menor que los demás cartílagos.<sup>16</sup> De acuerdo con los resultados de estos experimentos, parece ser que los otros cartílagos pueden actuar como centros de crecimiento, pero no así el cóndilo mandibular.

También son muy instructivos los experimentos realizados para comprobar el efecto que tiene el hecho de eliminar el cartílago. Se basan en la idea de que si al extirpar una zona cartilaginosa disminuye o se detiene el crecimiento, tal vez se trate de un centro de crecimiento importante. Obviamente, al extirpar el tabique a un roedor, se provoca una deficiencia considerable en el crecimiento de la región mesofacial. Sin embargo, esto no quiere decir necesariamente que el efecto de estos experimentos sobre el crecimiento se deba totalmente a la pérdida del cartílago. Se puede alegar que la propia cirugía y las consiguientes alteraciones del aporte sanguíneo a esa zona son las causantes de los cambios en el crecimiento, y no la pérdida del cartílago.



**FIGURA 2-39** Un golpe lateral en la mandíbula puede fracturar la apófisis condilar contralateral. Si se produce, la tracción del músculo pterigoideo lateral retrae el fragmento condilar, incluido el cartílago, y después es reabsorbido.

Se han publicado muy pocos casos de pérdida precoz del tabique cartilaginoso nasal en seres humanos. En la figura 2-38 presentamos a un individuo al que se le extirpó todo el tabique a los 8 años como consecuencia de una lesión. Se puede apreciar que sufrió una deficiencia mesofacial, pero no podemos achacarla con total seguridad a la pérdida del cartílago. No obstante, la merma del crecimiento en los animales experimentales a los que se les ha extirpado el cartílago es lo bastante llamativa como para



que casi todos los estudiosos deduzcan que el cartílago septal tiene algún potencial innato de crecimiento y que su pérdida se traduce en algunas consecuencias para el crecimiento maxilar, y los infrecuentes casos en humanos reafirman este punto de vista.

El cuello del cóndilo mandibular es una zona relativamente frágil. Cuando la mandíbula sufre un golpe brusco lateralmente, suele fracturarse justo por debajo del cóndilo contralateral. Cuando así sucede, el fragmento condilar suele retraerse y alejarse bastante de su ubicación anterior, debido a la tracción del músculo pterigoideo lateral (fig. 2-39). En estas condiciones, el cóndilo desaparece literalmente y es reabsorbido con el paso del tiempo. Las fracturas condilares son relativamente frecuentes en niños. Si el cóndilo fuera un centro de crecimiento importante, cabría esperar que el crecimiento se viese gravemente afectado al producirse este tipo de lesión a una edad temprana. En este caso, el tratamiento lógico sería la intervención quirúrgica para localizar el segmento condilar y volver a colocarlo en posición.

Dos excelentes estudios llevados a cabo en Escandinavia en los años sesenta refutaron esta opinión. Tanto Gilhuus-Moe<sup>17</sup> como Lund<sup>18</sup> demostraron que después de la fractura del cóndilo mandibular de un niño existían muchas posibilidades de que la apófisis condilar se regenerase y alcanzara aproximadamente su tamaño original, así como una pequeña probabilidad de que se hipertrofiase tras la lesión. En experimentos realizados con animales, se observó que tras una fractura se reabsorbe todo el hueso y el cartílago originales y se regenera un nuevo cóndilo directamente a partir del periostio del foco de fractura (fig. 2-40). En última instancia, aunque solo en experimentos animales, se forma una nueva capa de cartílago en la superficie condilar. Aunque no existen pruebas directas de que la propia capa de cartílago se regenere en los niños tras una fractura condilar, es probable que suceda lo mismo que en lo observado en los animales.

Sin embargo, el 15-20% de los niños escandinavos estudiados que habían sufrido una fractura condilar mostraban una merma del crecimiento tras la fractura. Esta reducción del crecimiento parece estar relacionada con el grado de traumatismo sufrido por los tejidos blandos y con la cicatriz que aparece en la zona. En la sección siguiente comentaremos el mecanismo de este fenómeno.

En resumen, parece ser que los cartílagos epifisarios y (probablemente) las sincondrosis de la base del cráneo pueden actuar y lo hacen como centros de crecimiento independientes, al igual que el tabique nasal (tal vez en menor medida). Los experimentos con trasplantes o en los que se extirpa el cóndilo confirman la idea de que el cartílago del cóndilo mandibular no es un centro importante. Esto mismo sucede con los estudios del propio cartílago cuando se compara con el cartílago de crecimiento primario. Parece que el crecimiento de los cóndilos mandibulares se asemeja más al de las suturas maxilares (totalmente reactivo) que al de las placas epifisarias.

## Teoría de crecimiento de la matriz funcional

Si no fueran el hueso ni el cartílago los determinantes del crecimiento del esqueleto craneofacial, parecería que el control tendría que recaer en los tejidos blandos adyacentes. Moss expresó este punto de vista formalmente en los años sesenta, en su teoría sobre el crecimiento de la «matriz funcional», y fue revisado y

actualizado por el mismo en los años noventa.<sup>19</sup> Aunque admite el potencial innato de crecimiento de los cartílagos de los huesos largos, su teoría sostiene que ni el cartílago del cóndilo mandibular ni el del tabique nasal son determinantes en el crecimiento de los maxilares. Este autor postula que el crecimiento de la cara se produce como respuesta a unas necesidades funcionales e influencias neurotrópicas y está mediado por los tejidos blandos que recubren a los maxilares. Según este punto de vista conceptual, los tejidos blandos crecen y el hueso y el cartílago reaccionan a este tipo de control epigenético.

El crecimiento del cráneo ilustra muy bien este concepto de crecimiento esquelético. No existen muchas dudas de que el crecimiento de la bóveda craneal es una respuesta directa al aumento de tamaño del cerebro. La presión que ejerce el cerebro separa los huesos craneales en las suturas y el tejido óseo neoformado va rellenando pasivamente los huecos abiertos, de modo que la cubierta ósea vaya adaptándose al cerebro.

Este fenómeno se puede comprobar fácilmente en los seres humanos por dos observaciones (fig. 2-41). En primer lugar, cuando el cerebro es muy pequeño, el cráneo también lo es y existe microcefalia. En ese caso, el tamaño de la cabeza es una representación exacta del tamaño del cerebro. La segunda observación es el trastorno conocido como hidrocefalia. En este caso, está alterada la reabsorción del líquido cefalorraquídeo que se acumula, provocando un aumento de la presión intracraneal. Este aumento impide el desarrollo del cerebro, de modo que los pacientes con hidrocefalia pueden tener un cerebro pequeño y sufrir retraso mental, aunque este trastorno también da lugar a un crecimiento enorme de la bóveda craneal. La hidrocefalia descontrolada puede dar lugar a un cráneo dos o tres veces mayor que su tamaño normal, con unos huesos frontal, parietal y occipital muy aumentados de tamaño. Este es probablemente el ejemplo más claro del funcionamiento de una «matriz funcional». Otro excelente ejemplo es la relación que existe entre el tamaño del ojo y las dimensiones de la órbita. Un ojo grande o pequeño provocará un cambio equivalente en el tamaño de la cavidad orbital. En este caso, el ojo es la matriz funcional.

Moss postula que el principal determinante del crecimiento del maxilar y de la mandíbula es el aumento de tamaño de las cavidades nasal y oral, que crecen como respuesta a las necesidades funcionales. Su teoría no aclara en qué forma se transmiten las necesidades funcionales a los tejidos que rodean la boca y la nariz, pero predice que los cartílagos del tabique nasal y de los cóndilos mandibulares no son determinantes importantes del crecimiento y que su pérdida tendrá muy poco efecto sobre el mismo, siempre que se pueda mantener una función adecuada. Sin embargo, desde el punto de vista de esta teoría, la ausencia de una función normal tendría efectos muy variados.

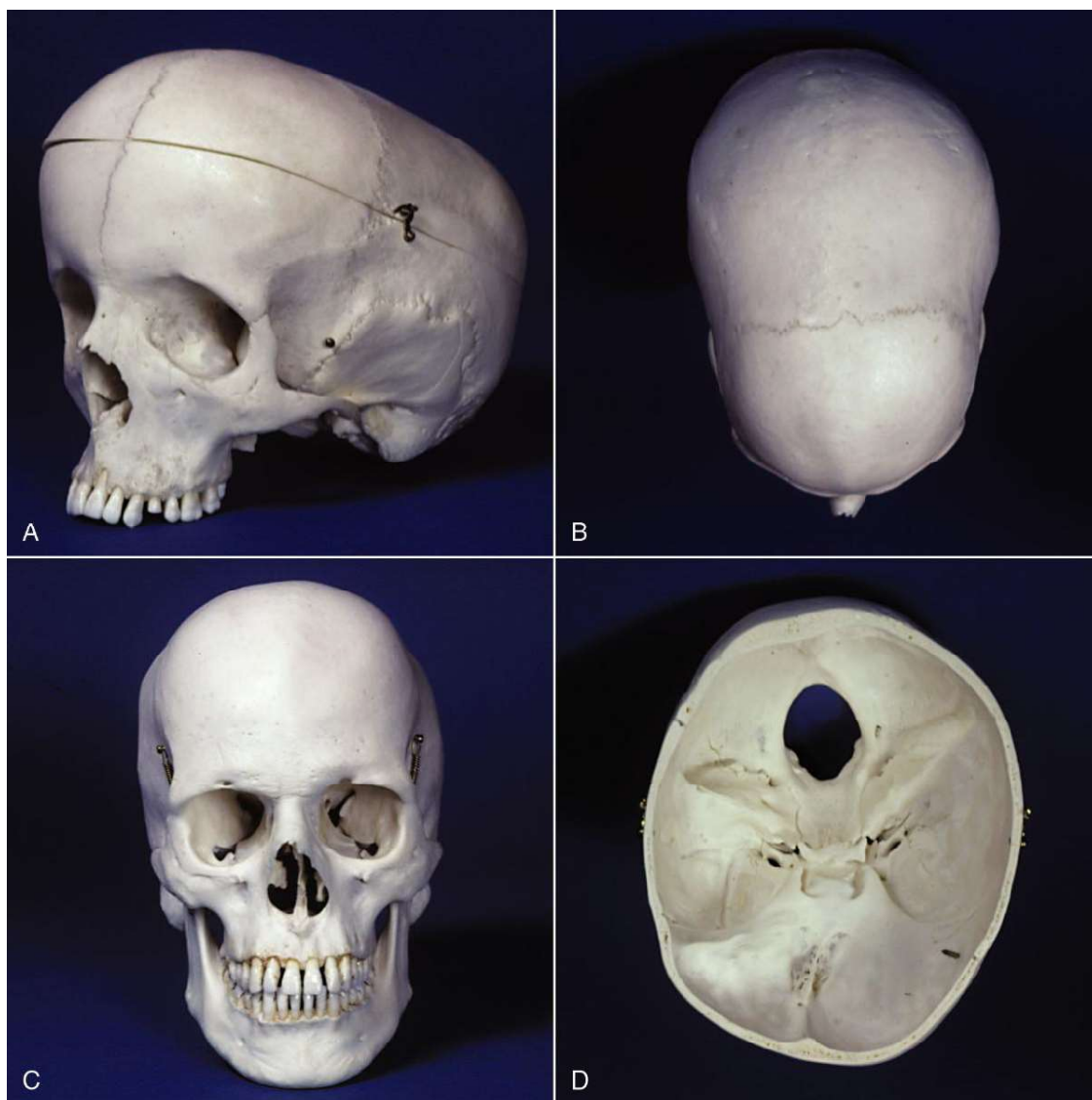
Ya hemos señalado que, en el 75-80% de los niños que sufren fracturas condilares, la pérdida del cóndilo no impide el crecimiento mandibular. El cóndilo se regenera muy bien. ¿Qué sucede con el 20-25% de niños que sufren una deficiencia en el crecimiento tras la fractura condilar? ¿Podría deberse la deficiencia de crecimiento a alguna interferencia funcional?

La respuesta parece ser claramente afirmativa. Se sabe desde hace muchos años que la anquilosis de la ATM (v. fig. 2-39), definida como una fusión de la articulación que impide el movimiento (lo que interrumpe totalmente el crecimiento) o lo limita (lo que entorpece el crecimiento) dificulta considerablemente el crecimiento mandibular. La anquilosis mandibular puede



**FIGURA 2-40** Después de una fractura del cóndilo y de una reabsorción del mismo, la regeneración de un cóndilo nuevo es bastante probable en los seres humanos. Esto ocurrirá dependiendo de la gravedad de las lesiones de los tejidos blandos que acompañan a la fractura. **A.** A los 5 años, se observó la asimetría mandibular en el transcurso de una visita dental rutinaria. Obsérvese la ausencia de apófisis condilar izquierda. El historial refiere una caída a la edad de 2 años con impacto en el mentón que provocó una fractura condilar, sin regeneración hasta esa fecha. **B.** A los 8 años, después del tratamiento con una aplicación funcional asimétrica que llevó a un crecimiento del lado afectado y a una disminución de la asimetría. **C.** A los 14 años, al final del brote de crecimiento de la adolescencia. Se observa una regeneración del cóndilo del lado afectado en **(B)** y **(C)**.





**FIGURA 2-41** A. Cráneo de un niño pequeño con hidrocefalia. Obsérvese el tremendo crecimiento de la caja cerebral en respuesta al aumento de la presión intracraneal. B y C. Vistas superior y frontal del cráneo de un individuo con escafocefalia, en el que la sutura sagital media se cierra prematuramente. Obsérvese la ausencia de sutura sagital media y la gran estrechez del cráneo. Para compensar esta imposibilidad de crecimiento lateral, el cerebro y la caja cerebral se han alargado posteriormente de forma anómala. D. Base del cráneo de un individuo con fusión prematura de las suturas del lado derecho; de ahí la marcada asimetría que afectó tanto al cráneo como a la base del mismo.

producirse por diferentes mecanismos. Por ejemplo, una causa posible sería una infección grave en la zona articular, que destruye los tejidos y deja una cicatriz en última instancia (fig. 2-42). Por supuesto, otra causa son los traumatismos, que pueden limitar el crecimiento si la lesión de los tejidos blandos es bastante extensa y da lugar a una cicatriz que dificulta el movimiento al curar la lesión. Esta restricción mecánica dificulta la traslación mandibular cuando crecen los tejidos blandos adyacentes, y restringe el crecimiento mandibular.

Es muy interesante, y posiblemente muy significativo desde el punto de vista clínico, que en algunas circunstancias sea posible inducir el crecimiento óseo en zonas creadas quirúrgicamente mediante la técnica denominada *osteogenia por distracción*

(fig. 2-43). El cirujano ruso Ilizarov descubrió en la década de los cincuenta que si se practicaban unos cortes en la corteza de un hueso largo de las extremidades, a continuación era posible elongar el brazo o la pierna aplicando tracción para separar los segmentos óseos. Las investigaciones en curso demuestran que los mejores resultados se obtienen cuando este tipo de distracción comienza algunos días después de la cicatrización inicial y la formación del callo, y cuando se separan los segmentos a un ritmo de 0,5-1,5 mm por día. Sorprendentemente, pueden formarse grandes cantidades de nuevo tejido óseo en la zona quirúrgica, y a veces se pueden elongar varios centímetros el brazo o la pierna. Actualmente, la osteogenia por distracción se utiliza mucho para corregir deformidades en las extremidades, sobre todo des-



**FIGURA 2-42** Vista oblicua (A) y de perfil (B) de una niña en la que una infección grave de las celdillas mastoideas afectó a las articulaciones temporomandibulares y provocó anquilosis mandibular. Es muy aparente la restricción del crecimiento mandibular resultante.

pués de alguna lesión, pero también en pacientes con problemas congénitos.

El hueso mandibular tiene una estructura interna bastante parecida a la de los huesos de las extremidades, aunque su desarrollo sigue un curso muy diferente. Está claro que es posible elongar el maxilar inferior mediante la osteogénesis por distrac-

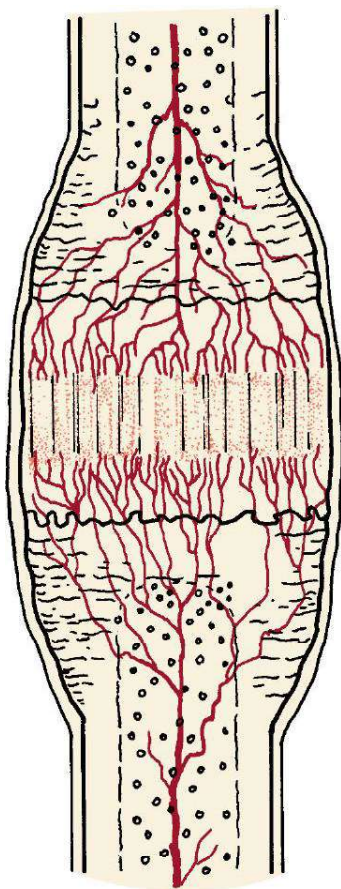
ción (fig. 2-44), y de esta manera es como mejores cambios (1 cm o más) se consiguen en la longitud de la mandíbula. En cualquier caso, el posicionamiento preciso de la mandíbula no es posible por lo que la cirugía ortognática sigue siendo el método preferido para tratar sus deficiencias. En cierto sentido, la inducción del crecimiento mediante la separación de

**TABLA 2-1**

**Crecimiento de las unidades craneofaciales**

Crecimiento	Bóveda craneal	Base craneal	Maxilar superior	Mandíbula
Lugares	Suturas (importantes) Superficies (menos importantes)	Sincondrosis Suturas (lateralmente)	Suturas Superficies: <i>aposisión remodelación</i>	Cóndilo Rama Otras superficies
Centros	Ninguno	Sincondrosis	Ninguno	Ninguno
Tipo (modo)	Mesenquimatoso	Endocondral Mesenquimatoso ( <i>lateral únicamente</i> )	Mesenquimatoso	Endocondral ( <i>cóndilo únicamente</i> ) Mesenquimatoso
Mecanismo	Presión para separar las suturas	Crecimiento intersticial en las sincondrosis	Empuje del cartílago ( <i>base craneal</i> ) Tracción de los tejidos blandos ¿Empuje del cartílago? ( <i>tabique nasal</i> )	Tracción de los tejidos blandos (¿neurotrófico?)
Factor determinante	Presión intracraneal (crecimiento cerebral)	Genética (en las sincondrosis) Tracción del cartílago (en las suturas laterales)	Tracción de los tejidos blandos (¿neurotrófico?)	Tracción de los tejidos blandos (¿neurotrófico?)

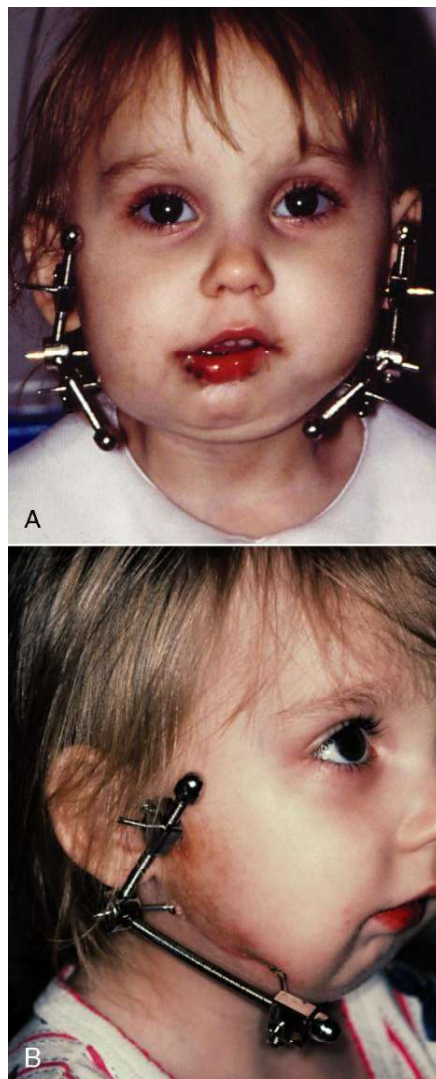




**FIGURA 2-43** Representación esquemática de la osteogénesis por distracción en un hueso largo. En el diagrama se representa la situación tras practicar unos cortes óseos en la corteza, la cicatrización inicial y después de algunas semanas de distracción. En el centro, una interzona fibrosa radiotransparente con haces de colágeno orientados longitudinalmente en la zona por la que se está alargando el hueso. Se observan fibroblastos proliferantes y células mesenquimatosas indiferenciadas por toda la zona. En el límite de la interzona aparecen los osteoblastos. Se observa a ambos lados de la interzona una vascularización muy rica en una zona de mineralización. Por debajo existe una zona de remodelación. Esta secuencia de formación de una matriz de colágeno estirado, mineralización y remodelación es típica de la osteogénesis por distracción. (Reproducido a partir de Samchukov M, et al. In: McNamara J, Trotman C, eds. *Distraction Osteogenesis and Tissue Engineering*. Ann Arbor, Mich: The University of Michigan Center for Human Growth and Development; 1998.)

los huesos craneales y faciales por sus suturas es un método de distracción. La manipulación del crecimiento del maxilar, que influye sobre el crecimiento en sus suturas, ha constituido una parte importante del tratamiento ortodóncico durante muchos años, y esto puede llevarse a cabo en edades más avanzadas con asistencia quirúrgica. En el capítulo 19 se analiza con mayor detalle el estado actual de la osteogénesis por distracción como técnica para corregir las deficiencias en el crecimiento de la cara y los maxilares.

En resumen, parece ser que el crecimiento craneal se produce casi enteramente como respuesta al crecimiento del cerebro



**FIGURA 2-44** Fijación externa para la elongación mandibular mediante osteogénesis por distracción en un niño con una grave deficiencia mandibular asimétrica secundaria a una lesión producida a una edad temprana. Actualmente, no suele utilizarse la fijación externa para la distracción mandibular debido a que deja cicatrices en la cara.

(tabla 2-1). El crecimiento de la base del cráneo se debe sobre todo al crecimiento endocondral y a la sustitución ósea en las sincondrosis, que poseen un potencial de crecimiento independiente, pero que tal vez están influidas por el crecimiento del cerebro. El crecimiento del maxilar y de las estructuras asociadas se produce por una combinación del crecimiento en las suturas y de una remodelación directa de las superficies del hueso. El maxilar se desplaza en sentido anteroinferior al crecer la cara y las suturas van rellenándose con hueso neoformado. No se sabe en qué medida el crecimiento del cartílago del tabique nasal colabora al desplazamiento del maxilar, pero es probable que este cartílago y los tejidos blandos circundantes contribuyan a la reubicación anterior del maxilar. La mandíbula crece por proliferación endocondral a nivel condilar y por aposición y re-

absorción ósea a nivel superficial. Parece claro que la mandíbula se desplaza en el espacio por el crecimiento de los músculos y los demás tejidos blandos adyacentes, y que la adición de nuevo hueso al cóndilo se produce como respuesta a los cambios en los tejidos blandos.

## DESARROLLO SOCIAL Y CONDUCTUAL

*F. T. McIver y W. R. Proffit*

Podemos considerar que el crecimiento físico es el resultado de las interacciones entre la proliferación celular genéticamente controlada y las influencias ambientales que modifican el programa genético. Podemos considerar asimismo que el comportamiento es el resultado de la interacción entre las pautas de conducta innatas o instintivas y los comportamientos aprendidos después del nacimiento. En los animales, parece ser que la mayoría de los comportamientos son instintivos, aunque incluso los animales inferiores tienen una cierta capacidad de aprendizaje conductual. Por otra parte, se suele aceptar en los seres humanos que casi todas las pautas de comportamiento son aprendidas.

Por este motivo, en los seres humanos resulta más difícil establecer las fases del desarrollo conductual que las del desarrollo físico. La mayor proporción de conductas aprendidas significa que lo que consideramos como efectos ambientales pueden modificar significativamente la conducta del individuo. Por otra parte, existen conductas humanas instintivas (p. ej., el impulso sexual) y en cierto sentido, el resultado de la conducta depende del modo en que el aprendizaje haya modificado los impulsos conductuales instintivos. Como norma general, cuanto mayor es un individuo, más complejas serán sus pautas de comportamiento y mayor importancia tendrán las conductas aprendidas.

En esta sección presentamos una breve revisión acerca del desarrollo social, cognoscitivo y conductista, simplificando enormemente un tema muy complejo y centrándonos en la valoración y el tratamiento de los niños que se someten a tratamiento odontológico y ortodóncico. En primer lugar, presentamos el proceso por el que se puede aprender un comportamiento. En segundo lugar, revisamos el sustrato estructural del comportamiento. Parece ser que dicho sustrato guarda relación con la organización del sistema nervioso en los diferentes momentos y con los componentes emocionales en los que se basa la expresión del comportamiento. Hacemos hincapié en las implicaciones que tienen los aspectos teóricos comentados en el tratamiento cotidiano de nuestros pacientes.

### Aprendizaje y desarrollo del comportamiento

Los mecanismos básicos del aprendizaje parecen ser los mismos a todas las edades. Al avanzar en el mismo, aparecen comportamientos y habilidades más complejos, pero resulta difícil clasificar este proceso en etapas diferentes; parece más apropiado un modelo de flujo continuo. Conviene recordar que aquí abordamos el desarrollo de las pautas de comportamiento, no la adquisición de conocimientos o de habilidades intelectuales en el sentido académico.

En la actualidad, los psicólogos suelen considerar que existen tres mecanismos diferentes para el aprendizaje de las respuestas conductuales: 1) condicionamiento clásico; 2) condicionamiento operante, y 3) condicionamiento por observación.

#### Condicionamiento clásico

El condicionamiento clásico fue descrito originalmente por el fisiólogo ruso Ivan Pavlov en el siglo XIX, cuyos estudios sobre los reflejos pusieron de manifiesto que estímulos aparentemente no relacionados podían producir una conducta refleja. Los ex-



**FIGURA 2-45** El condicionamiento clásico hace que un estímulo inicialmente neutro llegue a asociarse a uno que dé lugar a una reacción específica. Si individuos con batas blancas son los encargados de administrar las inyecciones que hacen llorar al niño, la visión de una persona con bata blanca puede provocar un acceso de llanto.



perimentos clásicos de Pavlov consistían en mostrar alimentos a un animal hambriento, junto con algún otro estímulo, por ejemplo el sonido de un timbre. La visión de la comida provoca normalmente la salivación por un mecanismo reflejo. Si se hace sonar un timbre cada vez que se presentan los alimentos, se acaba asociando el estímulo sonoro del timbre con el estímulo de la presentación de los alimentos y, en un tiempo relativamente corto, el sonido del timbre provoca por sí solo la salivación. Por tanto, el condicionamiento clásico funciona por el simple proceso de asociar un estímulo con otro (fig. 2-45). De ahí que a veces se denomine *aprendizaje por asociación* a este tipo de aprendizaje.

El condicionamiento clásico actúa con facilidad en los niños pequeños, y puede tener un impacto considerable en la conducta de un niño pequeño en su primera visita a la consulta de un dentista. Cuando un niño acude por primera vez a la consulta, incluso si es a una edad muy temprana, es muy probable que haya tenido numerosas experiencias con los pediatras y el personal médico. Cuando un niño siente dolor, la reacción refleja consiste en llorar y retraerse. En términos pavlovianos, la producción de dolor es un estímulo no condicionado, pero se pueden asociar algunas de las circunstancias en las que se produce ese dolor con este estímulo no condicionado.

Por ejemplo, no es usual que un niño vea a personas que lleven únicamente uniformes o batas blancas. Si el niño llega a asociar el estímulo no condicionado del tratamiento doloroso

con el estímulo condicionado de las batas blancas, podría llorar y retraerse inmediatamente en cuanto vea al odontólogo o a su ayudante vestidos de blanco. En ese caso, el niño ha aprendido a asociar el estímulo condicionado del dolor con el estímulo no condicionado del adulto vestido de blanco, y la mera visión de la bata blanca basta para provocar la conducta refleja asociada inicialmente con el dolor.

Las asociaciones de este tipo tienden a generalizarse. Las experiencias dolorosas y desagradables asociadas con el tratamiento médico pueden extenderse al ambiente de la consulta del médico, de tal modo que el ambiente general de la sala de espera, la recepcionista y los otros niños que esperan su turno pueden provocar llantos y retraimiento después de varias experiencias en la consulta del médico, incluso sin que haya rastro de batas blancas.

Debido a esta asociación, el tratamiento conductual en la consulta del dentista resulta más sencillo si dicha consulta se parece lo menos posible a la consulta pediátrica típica o a un hospital clínico. Se ha comprobado que cuando los odontólogos y sus ayudantes trabajan con niños, se puede reducir la ansiedad de los mismos si presentan un aspecto diferente al que suele asociarse con los médicos (fig. 2-46). También es útil tratar de diferenciar lo más posible la primera visita del niño de visitas anteriores a los médicos. Siempre que sea posible, hay que evitar



**FIGURA 2-46** **A.** Cuando un nuevo paciente infantil entra en la consulta de odontología ortodóncica pediátrica, tanto el entorno como el aspecto del médico que le da la bienvenida tienen deliberadamente una apariencia totalmente diferente de la de una clínica ambulatoria del hospital, en la que pueden haber ocurrido algunas cosas desagradables con anterioridad. **B.** Mientras este chico espera su turno, después de que le hayan invitado a la zona de tratamiento para ver cómo es, están examinando a su hermana. Si esta es su primera visita al consultorio, no hay que hacerle nada que pueda causarle ningún dolor.



**FIGURA 2-47** La asociación entre un estímulo condicionado y otro no condicionado se ve potenciada cada vez que tienen lugar los mismos. A este proceso se le denomina *refuerzo*.

todo tratamiento que pueda producir dolor durante la primera visita al dentista.

La asociación entre un estímulo condicionado y otro no condicionado se ve potenciada o reforzada cada vez que aparecen juntos (fig. 2-47). Cada vez que un niño va a un hospital en el que le hacen algo doloroso, se refuerza la asociación entre el dolor y la atmósfera general de la clínica, al estar el niño cada vez más convencido de que en ese lugar ocurren cosas desagradables. Por el contrario, si no se refuerza la asociación entre un estímulo condicionado y otro no condicionado, dicha asociación puede debilitarse, y en última instancia puede desaparecer la respuesta condicionada. Este es el fenómeno conocido como *extinción de una conducta condicionada*. Este es el punto de partida para una «visita feliz» al odontólogo después de una visita estresante. Una vez que se ha establecido una respuesta condicionada, hay que reforzarla, aunque sea solo ocasionalmente, para mantenerla. Si existe una asociación muy fuerte entre el dolor y la consulta del médico, pueden ser necesarias muchas visitas sin experiencias desagradables ni dolorosas para que cese la asociación con el llanto y el retraimiento.

Lo contrario a la generalización de un estímulo condicionado es la discriminación. La asociación condicionada de las batas blancas con el dolor puede generalizarse fácilmente a cualquier circunstancia relacionada con la consulta médica. Si un niño acude a otras consultas que son algo diferentes a aquellas en las que le hacen cosas dolorosas, por ejemplo la consulta de un dentista, en la que no son necesarias las inyecciones dolorosas, se establece muy pronto una discriminación entre ambos tipos de consultas y desaparece la respuesta generalizada a todas las consultas como lugares en los que ocurren cosas dolorosas.

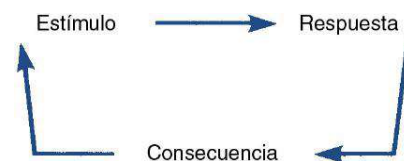
### Condicionamiento operante

B. F. Skinner, el famoso teórico del conductismo de estos últimos años, destacó la importancia del condicionamiento operante, que puede considerarse conceptualmente como una extensión significativa del condicionamiento clásico. Skinner afirmó que

los comportamientos humanos más complejos pueden explicarse desde el punto de vista del condicionamiento operante. Sus teorías, que limitan el papel de la determinación consciente del individuo en favor de la determinación inconsciente, encontraron una gran oposición, pero lograron explicar con notable éxito muchos aspectos de la conducta social demasiado complicados como para poder ser comprendidos desde la perspectiva del condicionamiento clásico.

Dado que la teoría del condicionamiento operante explica, o pretende explicar, el comportamiento complejo, no debe sorprendernos que la propia teoría resulte muy compleja. Aunque no podemos analizar aquí con detalle el condicionamiento operante, presentamos una visión general muy breve que ayude a comprender el aprendizaje de comportamientos que los niños mayores pueden mostrar en la consulta del dentista o del ortodoncista.

El principio básico del condicionamiento operante consiste en que las consecuencias del propio comportamiento son un estímulo que puede influir en la conducta futura (fig. 2-48). En otras palabras, las consecuencias derivadas de una respuesta modificarán las probabilidades de que esa respuesta se repita en una situación parecida. En el condicionamiento clásico, un estímulo da lugar a una respuesta; en el condicionamiento operante, una respuesta se convierte en un estímulo adicional. La regla general es que, si la consecuencia de una respuesta determinada es agra-



**FIGURA 2-48** El condicionamiento operante se diferencia del clásico en que se considera a la consecuencia de una conducta como un estímulo para la conducta futura. Esto quiere decir que las consecuencias de una respuesta determinada influirán en las probabilidades de que esa respuesta se repita en una situación parecida.

	Aumenta la probabilidad de respuesta	Disminuye la probabilidad de respuesta
Estímulo agradable (S <sub>1</sub> )	<p>I</p> <p>S<sub>1</sub> presentado</p> <p>Refuerzo positivo o premio</p>	<p>III</p> <p>S<sub>1</sub> retirado</p> <p>Omisión o tiempo muerto</p>
Estímulo desagradable (S <sub>2</sub> )	<p>II</p> <p>S<sub>2</sub> retirado</p> <p>Refuerzo negativo o escape</p>	<p>IV</p> <p>S<sub>2</sub> presentado</p> <p>Castigo</p>

**FIGURA 2-49** Los cuatro tipos básicos de condicionamiento operante.





**FIGURA 2-50** Después de salir de la zona de tratamiento de la consulta de odontología pediátrica, los niños pueden elegir ellos mismos su premio: refuerzo positivo para conseguir su cooperación.

dable o deseable, es más probable que esa respuesta se repita en el futuro. Pero si una respuesta determinada tiene consecuencias desagradables, disminuye la probabilidad de que dicha respuesta se emplee más adelante.

Skinner describió cuatro tipos básicos de condicionamiento operante, diferenciándolos por la naturaleza de las consecuencias (fig. 2-49). El primero es el *refuerzo positivo*. Si después de una respuesta se producen consecuencias agradables, la respuesta se ve reforzada positivamente y es probable que la conducta que dio lugar a esas consecuencias agradables se repita en el futuro. Así, si un niño recibe una recompensa (p. ej., un juguete) por portarse bien durante su primera visita al dentista, es más probable que se vuelva a comportar bien en visitas posteriores; su conducta se ha visto reforzada positivamente (fig. 2-50).

El segundo tipo de condicionamiento operante, denominado *refuerzo negativo*, consiste en el rechazo de un estímulo desagradable tras una respuesta. Al igual que en el refuerzo positivo, el refuerzo negativo aumenta las probabilidades de una respuesta determinada en el futuro. En este contexto, el término *negativo* resulta algo engañoso. Se refiere únicamente al hecho de que la respuesta reforzada es una respuesta que lleva a la desaparición de un estímulo indeseable. Hay que tener presente que el refuerzo negativo no es sinónimo del término *castigo*, que es otro tipo de condicionante operativo.

Podemos citar como ejemplo el caso de un niño que considera la visita a un hospital como una experiencia desagradable y que tiene una rabieta ante la perspectiva de tener que ir. Si esta conducta (respuesta) permite al niño librarse de acudir a la clínica, su comportamiento se ha visto reforzado negativamente y es muy probable que se repita la próxima vez que se le proponga la visita a la clínica. Por supuesto, puede suceder lo mismo con la consulta del dentista. Si una conducta considerada inaceptable por el dentista y sus colaboradores tiene éxito y permite al niño librarse del tratamiento odontológico, esa conducta se ha visto reforzada negativamente y es más probable que se repita la próxima vez que el niño acuda a la consulta del dentista. En la práctica odontológica, es importante reforzar únicamente la conducta deseable, e igualmente importante tratar de no reforzar la no deseable.<sup>20</sup>

Los otros dos tipos de condicionamiento operante limitan las probabilidades de una respuesta. El tercer tipo, la *omisión* (también denominada *tiempo muerto*), consiste en eliminar un estímulo agradable tras una respuesta determinada. Por ejemplo, si a un niño que tiene una rabieta se le retira su juguete favorito durante algún tiempo como consecuencia de esa conducta, disminuye la probabilidad de que se repita ese mal comportamiento. Dado que es probable que los niños consideren la atención de los demás como un estímulo muy agradable, no prestarles atención tras una conducta indeseable es una forma de omisión que puede reducir el comportamiento no deseado.

El cuarto tipo de condicionamiento operante, el *castigo*, se produce cuando se presenta un estímulo desagradable tras una respuesta. También limita las probabilidades de que el comportamiento que inspiró el castigo se repita en el futuro. El castigo, al igual que las demás formas de condicionamiento operante, es eficaz a cualquier edad, no solo en los niños. Por ejemplo, si un odontólogo con su nuevo coche deportivo recibe una multa por conducir a más de 75 km/h por una calle con velocidad limitada a 50 km/h, es probable que conduzca más despacio la próxima vez que pase por esa calle, sobre todo si sabe que sigue funcionando el mismo control por radar. Por supuesto, el castigo se ha empleado tradicionalmente como método para modificar el comportamiento de los niños, aunque en unas sociedades más que en otras.

Por lo general, los refuerzos positivo y negativo son las formas más adecuadas de condicionamiento operante que se pueden aplicar en la consulta de un dentista, especialmente para motivar a los pacientes ortodóncicos que deben cooperar en su casa, incluso más que en la consulta. Ambos tipos de refuerzo aumentan las probabilidades de que se produzca una determinada conducta, en vez de tratar de suprimir un comportamiento como hacen el castigo y la omisión. Simplemente con elogiar a un niño por su buena conducta se consigue un refuerzo positivo, y se puede lograr un refuerzo adicional ofreciendo alguna recompensa tangible.

Los niños mayores son tan sensibles al refuerzo positivo como los más pequeños. Por ejemplo, los adolescentes con edad de someterse a tratamiento ortodóncico pueden obtener un refuerzo positivo con una sencilla chapita que lleve la inscripción «El mejor paciente ortodóncico del mundo», o algo parecido. Otro ejemplo sencillo de refuerzo positivo es un sistema de recompensas, como una camiseta con alguna inscripción a modo de premio por acudir tres veces a consulta con una buena higiene dental (fig. 2-51).

El refuerzo negativo, que también incrementa las probabilidades de que se produzca un determinado comportamiento, es más difícil de utilizar como método conductista en la consulta odontológica, pero puede ser eficaz en determinadas circunstancias. Si un niño está preocupado por un determinado tratamiento, pero comprende que se ha abreviado la intervención por su buena conducta, se refuerza negativamente el comportamiento deseado. En el tratamiento ortodóncico, las sesiones prolongadas de cementado de bandas y brackets se desarrollan mejor y con menos conflictividad si el niño comprende que su colaboración ha permitido abreviar el proceso y reducir las posibilidades de que haya que repetirlo.

Los otros dos tipos de condicionamiento operante, la omisión y el castigo, deben usarse con moderación en la consulta



**FIGURA 2-51** A. En este paciente de 8 años se está utilizando el refuerzo positivo concediéndole una chapa de «paciente fenomenal» tras su visita al odontólogo. B. Este mismo método funciona con los pacientes ortodóncos de más edad, que disfrutan al recibir una chapa o una camiseta que lleve alguna inscripción relacionada con el tratamiento ortodóncico (p. ej., «los aparatos ortodóncos son *chulos*»).

odontológica. Dado que en la omisión se retira un estímulo positivo, el niño puede reaccionar con ira o frustración. Cuando se utiliza el castigo, se producen a veces miedo e ira. De hecho, el castigo puede dar lugar a una respuesta de miedo del tipo del condicionamiento clásico. Obviamente, es conveniente que el odontólogo y su equipo traten de evitar que el niño (o el adulto) sienta temor e ira.

Una forma leve de castigo que se puede usar con los niños es el denominado «control por la voz», que consiste en hablar al niño con voz firme para lograr su atención, diciéndole que su comportamiento en ese momento es inaceptable y explicándole cómo debe comportarse. Esta técnica debe emplearse con cuidado, y se debe premiar al niño cuando mejore su comportamiento. Es más eficaz cuando se ha establecido una relación cálida y afectuosa entre el equipo odontológico y el paciente.<sup>21</sup>



**FIGURA 2-52** Aprendizaje por observación: un niño aprende una conducta observando primero y ejecutándola después. Así pues, si se permite que un niño más pequeño observe a otro mayor mientras este se somete tranquilamente a tratamiento dental (en este caso, un examen ortodóncico que incluye una impresión dental), aumentan enormemente las posibilidades de que se comporte del mismo modo cuando le toque a él recibirlo.

No cabe duda de que el condicionamiento operante puede emplearse para modificar la conducta de los individuos a cualquier edad, y que constituye la base de muchas pautas de comportamiento en la vida. Los teóricos del conductismo creen que el condicionamiento operante establece las pautas de casi todas las conductas, y no solo de las relativamente superficiales. Sea cierto o no, el condicionamiento operante es un medio muy poderoso para el aprendizaje de la conducta y una influencia muy importante para el resto de la vida.

Como sucede en el condicionamiento clásico, al condicionamiento operante también se aplican los conceptos del refuerzo como opuesto a la extinción, así como la generalización como opuesta a la discriminación. Por supuesto, en el condicionamiento operante estos conceptos se aplican a las situaciones en las que una respuesta da lugar a una consecuencia determinada, no al estímulo condicionado que controla directamente la respuesta condicionada. El refuerzo positivo o negativo adquiere aún mayor eficacia cuando se repite, aunque no es necesario dar un premio en cada visita al consultorio para obtener un refuerzo positivo. Igualmente, el condicionamiento logrado mediante un refuerzo positivo puede extinguirse si la conducta deseada va seguida de una omisión, un castigo o simplemente de una falta de refuerzo positivo adicional.

También se puede generalizar el condicionamiento operante que se produce en una situación a otras situaciones similares. Por ejemplo, es probable que un niño que ha recibido un refuerzo positivo por su buena conducta en la consulta del pediatra se porte bien en su primera visita a una consulta de dentista que esté equipada de forma parecida, ya que preverá también un premio en la misma, basándose en la similitud de la situación. Sin embargo, un niño que sigue recibiendo recompensas por su buena conducta en la consulta del pediatra, pero no recibe nada parecido en la del dentista, aprenderá a discriminar entre ambas situaciones y en última instancia podrá portarse mejor con el pediatra que con el dentista.



### Aprendizaje por observación (modelos)

Otra poderosa forma de adquirir pautas de conducta se basa en limitar la conducta observada en el contexto social (fig. 2-52, v. también fig. 2-46, B). Este tipo de aprendizaje parece ser diferente del basado en los condicionamientos clásico u operante. Por supuesto, la adquisición de pautas de comportamiento por la imitación de la conducta de los demás es totalmente compatible con ambos tipos de condicionamiento. Algunos teóricos<sup>22</sup> destacan la importancia del aprendizaje por imitación en un contexto social, mientras que otros, sobre todo Skinner y sus partidarios, aducen que el condicionamiento tiene más importancia, aunque reconocen que se puede aprender a través de la imitación. Parece ciertamente que gran parte de lo que aprende un niño en el consultorio de un dentista se puede basar en la observación de sus hermanos, de otros niños e incluso de sus padres.

Existen dos fases diferentes en el aprendizaje por observación: la *adquisición* del comportamiento por observación, y la *ejecución* real de dicho comportamiento. Un niño puede observar muchos comportamientos y adquirir de ese modo la capacidad de ponerlos en práctica, sin demostrar o ejecutar ese comportamiento inmediatamente. Los niños pueden aprender casi cualquier conducta que hayan observado de cerca y no sea demasiado complicada para ellos en función de su nivel de desarrollo físico. Un niño es testigo de una gran cantidad de posibles comportamientos, adquiriendo la mayoría de los mismos aunque no llegue a ejecutarlos inmediatamente o no los ejecute nunca.

La posibilidad de que un niño ponga en práctica un comportamiento adquirido depende de varios factores; uno de los más importantes es el de las características del modelo a imitar. Si al niño le agrada el modelo o siente respeto por él, existen más probabilidades de que llegue a imitarlo. Por este motivo, los padres o los hermanos mayores suelen ser objeto de imitación para los niños. Para los de preescolar y bachillerato elemental, los compañeros de su misma edad o algo mayores representan modelos cada vez más importantes, al tiempo que va disminuyendo la influencia de padres y hermanos mayores. En el caso de los adolescentes, la pandilla es la principal fuente de modelos para imitar.

Otra influencia importante sobre la posible ejecución de una conducta son las consecuencias previsibles de la misma. Si un niño observa cómo su hermano mayor se niega a obedecer las órdenes de su padre y comprueba a continuación que tras la negativa viene el castigo, es poco probable que desafíe a su padre en el futuro, pero aun así es probable que haya aprendido esa conducta y, si se enfrenta a su padre, puede comportarse de forma parecida.

El aprendizaje por observación puede ser un arma importante en el tratamiento odontológico. Si un niño observa cómo un hermano mayor se somete al tratamiento odontológico sin quejarse ni oponerse, es probable que imite esa conducta. Si ve que su hermano mayor recibe un premio, el niño pequeño esperará también una recompensa por portarse bien. Dado que los padres son un importante modelo de imitación para el niño pequeño, es probable que la actitud de la madre ante el tratamiento odontológico influya en la propia actitud del niño.

Los estudios realizados han demostrado que uno de los factores que mejor permiten predecir la posible ansiedad de un niño durante el tratamiento odontológico es el grado de ansiedad de



**FIGURA 2-53** Sala de tratamiento ortodóncico de un consultorio de odontología ortodóncica infantil, con tres sillones en una zona de tratamiento abierta. Esto tiene la ventaja de que los pacientes pueden aprender observando a los demás.

la madre. Una madre que se siente tranquila y relajada ante la perspectiva del tratamiento odontológico enseña a su hijo por observación que esa es la actitud adecuada ante el tratamiento, mientras que una madre nerviosa y alarmada tiende a provocar el mismo tipo de respuestas en su hijo.<sup>23,24</sup>

El aprendizaje por observación puede emplearse para mejorar la disposición de las zonas de tratamiento. Hace tiempo, era habitual que los dentistas dispusieran de pequeños gabinetes privados en los que trataban a todo tipo de pacientes, tanto niños como adultos. La tendencia actual en ortodoncia, sobre todo en el tratamiento de niños y adolescentes, pero también en el de los adultos en alguna medida, consiste en una zona abierta con varias etapas de tratamiento (fig. 2-53). Uno puede adquirir mucho aprendizaje por observación sentándose en un sillón de dentista y viendo cómo trabaja el odontólogo con otro paciente en un sillón contiguo. La comunicación directa entre los pacientes, que responden a preguntas sobre lo que les está sucediendo realmente, puede favorecer aún más el aprendizaje. Parece ser que niños y adolescentes se comportan mejor si reciben tratamiento en clínicas abiertas en lugar de hacerlo en gabinetes privados, y en esto tiene un papel importante el aprendizaje por observación.<sup>25</sup> Por supuesto, el dentista confía en que el paciente que espera observe un comportamiento adecuado por parte del paciente que está recibiendo el tratamiento, como es lógico que suceda en una clínica bien gestionada.

En un trabajo clásico que sigue siendo un resumen excelente, Chambers revisaba lo que hemos tratado en esta sección dentro del contexto de un niño que acude al dentista.<sup>26</sup>

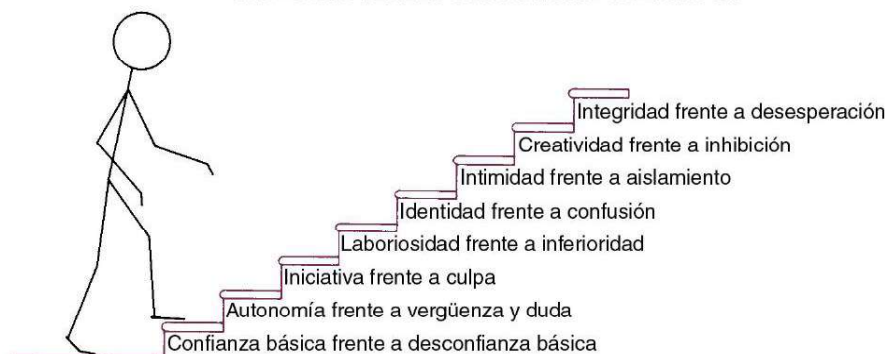
## Fases del desarrollo afectivo y cognoscitivo

### Desarrollo afectivo

A diferencia de lo que sucede con el aprendizaje continuo por condicionamiento y observación, tanto el desarrollo afectivo o de la personalidad como el desarrollo cognoscitivo o intelectual pasan por diversas fases relativamente diferenciadas. La descripción actual del desarrollo afectivo se basa en la teoría psicoanalítica de



## LAS «OCHO EDADES DEL HOMBRE» DE ERIKSON



**FIGURA 2-54** Las fases del desarrollo afectivo de Erikson: el orden es más constante que el momento en que se alcanza cada una de las fases. Algunos adultos nunca alcanzan las fases finales en la escala del desarrollo.

Sigmund Freud sobre el desarrollo de la personalidad, ampliada notablemente por Erik Erikson.<sup>27</sup> El trabajo de Erikson, aunque guarda relación con el de Freud, supone una notable desviación con respecto a las fases psicosexuales propuestas por Freud. Sus «ocho edades del hombre» representan una progresión a través de una serie de fases de desarrollo de la personalidad. Según Erikson, «el desarrollo psicosocial evoluciona en etapas críticas, indicando el término “crítico” una característica de los momentos cruciales, de los momentos de decisión entre el avance y el retroceso, entre la integración y el retraso». Según este punto de vista, cada fase del desarrollo representa una «crisis psicosocial», en la que el individuo recibe las influencias de su entorno social para desarrollarse más o menos hacia un extremo de las cualidades conflictivas de la personalidad que predominan en esa fase.

Aunque las fases del desarrollo de Erikson guardan relación con las edades cronológicas, como sucede en el desarrollo físico, estas varían entre unos individuos y otros, pero el orden de las fases de desarrollo es constante. Esto se parece a lo que ocurre con el desarrollo físico, con la diferencia de que es posible, y de hecho, es probable, que algunas cualidades asociadas a fases anteriores se manifiesten en fases posteriores debido a una resolución incompleta de las fases precedentes.

Las fases del desarrollo afectivo de Erikson son (fig. 2-54):

**1. Desarrollo de la confianza básica (desde el nacimiento hasta los 18 meses).** En esta fase inicial del desarrollo afectivo se establece una confianza, o desconfianza, básica en el entorno. El desarrollo adecuado de la confianza depende de que exista una madre o un sustituto que sea afectuoso y constante, y que satisfaga las necesidades fisiológicas y afectivas del niño. Existen teorías muy sólidas, pero ninguna respuesta clara, acerca de cómo deben ser los cuidados maternos, pero es importante que se establezcan fuertes lazos afectivos entre los progenitores y el niño. Estos lazos deben mantenerse para que el niño pueda desarrollar una confianza básica en el mundo que le rodea. De hecho, el crecimiento físico se puede demorar notablemente si la figura materna no satisface las necesidades afectivas del niño.

Es muy conocido el síndrome de «privación materna», en el que el niño recibe un apoyo materno insuficiente, aunque por fortuna es poco frecuente. Estos niños no ganan peso y sufren un retraso en su desarrollo físico y afectivo. Para que la



**FIGURA 2-55** Esta niña estaba muy ansiosa como consecuencia del tratamiento odontológico, y la presencia de su madre en la sala de tratamiento durante las visitas iniciales fue muy importante para que pudiera llegar a confiar en la odontóloga. Una vez que ha adquirido confianza, la presencia de la madre ya no es necesaria ni aconsejable.

privación materna produzca un déficit en el crecimiento físico, ha de ser muy importante. Unos cuidados maternos inestables que no producen efectos físicos apreciables pueden provocar una carencia de confianza básica. Esto puede afectar a niños de familias deshechas o que han vivido en una serie de hogares adoptivos.

Los fuertes lazos afectivos que se establecen entre padres e hijos en esta fase inicial del desarrollo afectivo quedan patentes en la gran «ansiedad de separación» que siente un niño cuando se le separa de sus padres. Si un niño necesita tratamiento odontológico a una edad muy temprana, suele ser preferible que estén presentes los padres y, a ser posible, que uno sujete al niño. En edades posteriores, un niño que no ha llegado a desarrollar un sentimiento de confianza básica tendrá problemas a la hora de afrontar situaciones que requieren confiar en otra persona. Es probable que ese individuo sea un paciente muy asustado y reacio a colaborar, y que el dentista y su equipo tengan que esforzarse especialmente para conseguir su cooperación y confianza; la presencia de uno de los padres en la



**FIGURA 2-56** Durante el período en el que los niños desarrollan su autonomía, los conflictos con hermanos, compañeros y padres pueden parecer interminables. En esta fase, conocida a menudo como los «terribles 2 años», es necesario establecer límites obligatorios en la conducta del niño para que pueda desarrollar su confianza en un entorno predecible.

zona de tratamiento durante las visitas iniciales puede ser de gran ayuda (fig. 2-55).

**2. Desarrollo de la autonomía (desde los 18 meses hasta los 3 años).** Se suele decir que los niños que tienen unos 2 años de edad están pasando por «la terrible edad de los 2 años», debido a su falta de cooperación y a su conducta frecuentemente odiosa. En esta fase del desarrollo emocional, el niño se está alejando de la madre y desarrollando un sentimiento de identidad individual o autonomía. Típicamente, el niño lucha por ejercer el libre albedrío en su vida. Oscila entre portarse como un diablillo que se niega a cualquier deseo de sus padres e insistir en hacer las cosas a su modo, y portarse como un ángel que recurre a sus padres en momentos de necesidad. Los padres y los demás adultos frente a los que el niño reacciona en esta fase deben protegerle de las consecuencias de conductas peligrosas o inaceptables, al tiempo que le brindan la oportunidad de desarrollar un comportamiento independiente. El establecimiento de límites obligatorios y constantes para su conducta en esta fase permite al niño desarrollar aún más su confianza en un entorno predecible (fig. 2-56).

Si el niño no consigue desarrollar un sentimiento de autonomía adecuado, empezará a dudar de su capacidad para valerse por sí mismo, lo que le hará a su vez dudar de los demás. Erikson define la situación que se produce como un estado de vergüenza, como una sensación de que quedan al descubierto

los propios defectos. La autonomía en el control de las funciones corporales es un componente importante de esta fase, ya que el niño pequeño aprende a ir solo al cuarto de baño y deja de usar pañales. En esta fase (y más aún en las posteriores), orinarse en los pantalones produce una gran vergüenza. Esta fase se considera decisiva para la aparición de determinadas características de la personalidad: amor en oposición al odio, cooperación en oposición al egoísmo y libertad de expresión en oposición a la timidez. Citando a Erikson: «A partir de una sensación de autocontrol, sin pérdida de la autoestima, nace un sentimiento duradero de buena voluntad y de orgullo; a partir de una sensación de pérdida del autocontrol y de control ejercido por otra persona, nace una propensión duradera hacia la inseguridad y la vergüenza».<sup>27</sup>

Un factor clave para poder lograr que un niño de esta edad colabore en el tratamiento consiste en hacerle creer que lo que desea el dentista es lo que ha elegido el propio niño, y no algo que le impone otra persona. A un niño de 2 años que busca su autonomía no le importa abrir la boca si así lo desea, pero le resulta psicológicamente inaceptable hacerlo si alguien le obliga. Esta situación puede obviarse ofreciendo al niño opciones razonables cuando sea posible (p. ej., escoger entre un babero verde o uno amarillo para el cuello).

Es probable que un niño de esta edad que considere que la situación es amenazante se refugie en su madre y no quiera separarse de ella. Puede ser útil que los padres estén presentes, incluso en las intervenciones más sencillas. A estas edades, los tratamientos complicados suelen representar un reto y pueden ser necesarias medidas extraordinarias como la sedación o la anestesia general.

**3. Desarrollo de la iniciativa (de los 3 a los 6 años).** En esta fase, el niño sigue acrecentando su autonomía, pero ahora se añaden la planificación y la insistencia en las diferentes actividades. La iniciativa se traduce en actividad física y movimiento, en una gran curiosidad y en el afán por preguntar por todo, así como en la forma agresiva de hablar. En esta fase, los padres y los profesores deben tratar de canalizar la actividad del niño hacia trabajos factibles, preparando las cosas para que pueda tener éxito y evitando que emprenda tareas que no pueda llevar a cabo. El niño es inherentemente moldeable en esta fase. Una parte de su iniciativa consiste en copiar con avidez el comportamiento de las personas a las que respeta.

Lo contrario a la iniciativa es el sentimiento de culpa que resulta de los objetivos que se persiguen, pero que no se alcanzan; de los actos que se inician, pero no se completan, o de las faltas o actos que son reprochados por las personas a las que el niño respeta. Según Erikson, la capacidad final del niño para desarrollar nuevas ideas o actividades depende de la forma en que pueda expresar pensamientos nuevos o hacer nuevas cosas en esta fase, sin que le hagan sentirse culpable por expresar una idea equivocada o por no lograr un objetivo determinado.

Casi todos los niños visitan por primera vez la consulta del dentista durante esta fase de iniciativa. Se puede plantear la visita al dentista como una aventura nueva y excitante de la que el niño puede salir triunfante. Si consigue superar la ansiedad de visitar al dentista, podrá desarrollar una mayor independencia y tendrá una sensación de triunfo. Por supuesto, una visita mal planteada puede contribuir a provocar el sentimiento de culpa que acompaña al fracaso. En esta fase, el niño sentirá una gran curiosidad por el consultorio del dentista y avidez por conocer



las cosas que allí se encuentran. Suele ser conveniente que el niño efectúe una visita de exploración con su madre, en la que apenas se realice tratamiento para empezar con buen pie. Tras la experiencia inicial, un niño de esta edad suele tolerar la separación de la madre durante el tratamiento y es probable que se porte mejor en estas circunstancias, reforzando así la independencia y no la dependencia.

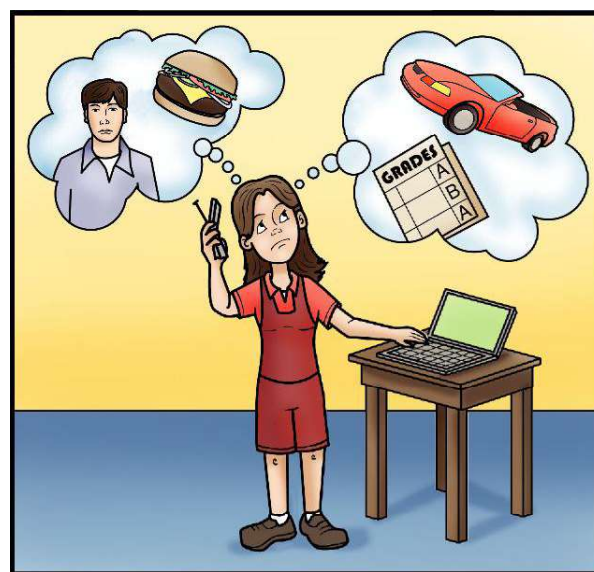
**4. Dominio de la destreza (de los 7 a los 11 años).** Durante esta fase, el niño se esfuerza para adquirir la destreza académica y social que le permitirá competir en una sociedad en la que se concede un reconocimiento especial a los que producen. Al mismo tiempo, el niño está aprendiendo las reglas por las que se rige el mundo. En palabras de Erikson, el niño adquiere «laboriosidad» y empieza a prepararse para ingresar en un mundo competitivo y productivo. La competencia con otros en un sistema de recompensas se convierte en una realidad; al mismo tiempo, empieza a comprender que algunos trabajos solo pueden llevarse a cabo colaborando con otras personas. Disminuye la influencia de los padres como modelos a seguir y aumenta la de los amigos.

El lado negativo del desarrollo afectivo y de la personalidad en esta fase puede ser la adquisición de un sentimiento de inferioridad. Un niño que empieza a competir en el marco académico, social y físico se encontrará con otros que hacen mejor algunas cosas y con algunos que hacen mejor casi todo. Algún otro es elegido para el grupo más avanzado, escogido como jefe del grupo o seleccionado antes para el equipo. Si el niño no se compara con sus compañeros utilizando un baremo muy amplio, está predispuesto a desarrollar una sensación de inutilidad, inferioridad e insuficiencia. También en esta fase es importante que los adultos responsables traten de organizar un entorno que plantee retos, pero retos con una posibilidad razonable de ser cumplidos y que no garanticen el fracaso.

En esta fase, el niño ya debe haber visitado por primera vez al dentista, aunque un número importante de niños no lo habrá hecho. El tratamiento ortodóncico suele iniciarse durante esta fase. Los niños de esta edad tratan de aprender las habilidades y las reglas que condicionan el éxito en cualquier situación, incluido el consultorio del dentista. Un factor clave en la orientación de la conducta del niño consiste en establecer objetivos intermedios asequibles, explicando claramente al niño la forma de alcanzarlos y reforzando positivamente el éxito en la consecución de los mismos. Dados los deseos del niño de trabajar y lograr los objetivos, se podrá obtener su colaboración durante el tratamiento, especialmente si el buen comportamiento se refuerza inmediatamente después.

Es probable que el tratamiento ortodóncico a estas edades implique la utilización de aparatos de quita y pon. Que el niño siga el tratamiento correctamente dependerá en gran medida de que comprenda lo que debe hacer para complacer al dentista y a sus padres, de que cuente con el apoyo de sus amigos y de que el dentista refuerce el comportamiento deseado.

No es probable que los niños de estas edades se sientan motivados por conceptos abstractos como «si llevas este aparato, masticarás mejor». Sin embargo, pueden motivarse por una mayor aceptación o consideración dentro de su grupo de amigos. Con ello queremos decir que, si insistimos en que sus dientes tendrán mejor aspecto si coopera, es más probable que el niño se sienta motivado que si hablamos de que mejorará



**FIGURA 2-57** La adolescencia es una fase complejísima, ya que el joven debe afrontar nuevas oportunidades y retos. La sexualidad incipiente, las presiones académicas, la obtención de dinero, la mayor movilidad, las aspiraciones profesionales y los intereses lúdicos se combinan, dando lugar a tensiones y compensaciones.

su mordida, aspecto que es probable que no sea apreciado por sus amigos.

**5. Desarrollo de la identidad personal (de los 12 a los 17 años).** La adolescencia es un período de desarrollo físico muy intenso y es también la etapa del desarrollo psicológico en la que se adquiere una identidad personal diferenciada. Este sentido de identidad comprende un sentimiento de pertenecer a un grupo mayor, así como la conciencia de que es posible llevar una existencia al margen de la familia. Se trata de una fase complejísima, debido al gran número de nuevas oportunidades que van surgiendo. La sexualidad incipiente complica las relaciones con los demás. Al mismo tiempo, cambia la capacidad física, aumentan las responsabilidades académicas y empiezan a definirse las posibilidades profesionales.

El establecimiento de una identidad propia requiere un alejamiento parcial de la familia, con lo que aumenta aún más la importancia del grupo de amigos, ya que ofrece una sensación de continuidad, a pesar de los cambios drásticos que sufre el individuo (fig. 2-57). Los amigos se convierten en importantes modelos a seguir y es probable que se rechacen los valores y gustos de los padres y de otras autoridades. Al mismo tiempo, es necesario apartarse algo del grupo de amigos para establecer la exclusividad y los valores propios. Conforme va avanzando la adolescencia, la incapacidad para apartarse del grupo indica que existe algún fallo en el desarrollo de la identidad, lo cual puede dar lugar a una mala orientación de cara al futuro, a confusión con respecto al propio lugar en la sociedad y a una escasa autoestima.

La mayor parte del tratamiento ortodóncico se lleva a cabo durante los años de la adolescencia, y la conducta de los adolescentes puede suponer un reto muy notable. Dado que rechazan la



autoridad paterna, el tratamiento ortodóncico crea una situación psicológica negativa si se efectúa básicamente por deseo de los padres y no del chico. En esta fase, solo debe emprenderse el tratamiento ortodóncico si así lo desea el paciente, y no para complacer a los padres.

Podemos clasificar las motivaciones para buscar tratamiento en internas y externas. Las motivaciones externas son las presiones que ejercen los demás, como cuando el chico se somete al tratamiento «para que su madre le deje en paz». Las internas se basan en el deseo del propio individuo de recibir tratamiento para corregir un defecto que él ha percibido, no uno detectado por esas figuras autoritarias cuyos valores está rechazando.<sup>28</sup> Es muy importante la aprobación por parte de los amigos. Hace tiempo era como un estigma ser el único del grupo que tenía la desgracia de llevar un aparato. Ahora, en algunas zonas de EE. UU. y de otros países desarrollados, el tratamiento ortodóncico es algo tan frecuente que se puede perder algo de estatus si uno es de los pocos del grupo que no lleva brackets. Por este motivo, se puede solicitar un tratamiento innecesario con el objeto de seguir siendo «uno de la pandilla».

Es muy importante que un adolescente desee activamente recibir tratamiento como algo que se hace *por él* y no que se le hace *a él*. En esta fase, se captan rápidamente los conceptos abstractos, pero no es probable que se haga caso a los requerimientos para hacer algo por su impacto sobre la salud personal. El adolescente típico considera que los problemas sanitarios le son ajenos, y esta es una actitud generalizada que se traduce en las muertes accidentales por conducir alocadamente o en la aparición de zonas de descalcificación por cepillarse mal los dientes.

**6. Desarrollo de las relaciones íntimas (adultos jóvenes).** Las fases adultas del desarrollo comienzan con el establecimiento de relaciones de intimidad con otras personas. El adecuado desarrollo de las relaciones íntimas depende de la disposición a comprometerse, e incluso a sacrificarse, para poder mantener una relación. El éxito en este aspecto da lugar al establecimiento de la camaradería y el compañerismo, ya sea con los amigos o con otros seres del mismo sexo a la hora de trabajar para alcanzar algún objetivo profesional. El fracaso lleva al aislamiento con relación a los demás y es probable que también vaya acompañado de intensos prejuicios y de una serie de actitudes que sirven para mantener alejados a los demás y no para establecer una relación más estrecha.

Cada vez es mayor el número de adultos jóvenes que solicitan tratamiento ortodóncico. Es frecuente que estos individuos deseen corregir una imagen dental que consideran deteriorada. Pueden pensar que un cambio de imagen les ayudará a establecer relaciones íntimas. Por otra parte, la «nueva imagen» conseguida con el tratamiento ortodóncico puede alterar las relaciones establecidas con anterioridad.

Los factores que influyen en el desarrollo de las relaciones íntimas comprenden todas las facetas del individuo: aspecto, personalidad, cualidades afectivas, inteligencia, etc. Si se produce un cambio significativo en cualquiera de estas facetas, la otra persona lo puede considerar como un cambio en las relaciones. Debido a estos problemas potenciales, hay que valorar con el paciente y explicarle el posible impacto psicológico del tratamiento ortodóncico antes de iniciarlo.

**7. Orientación de la generación siguiente (adultos).** Una de las principales responsabilidades de los adultos maduros es establecer y guiar a la siguiente generación. Obviamente, una parte fundamental de este proceso es llegar a ser un buen padre, pero otro aspecto de esa responsabilidad es el servicio al grupo, a la sociedad y al país. En pocas palabras, no solo se orienta a la siguiente generación criando e influyendo a nuestros propios hijos, sino también colaborando en los servicios sociales necesarios para garantizar el éxito de dicha generación. La característica opuesta de la personalidad de los adultos maduros es la apatía, caracterizada por la autoindulgencia y la conducta egocéntrica.

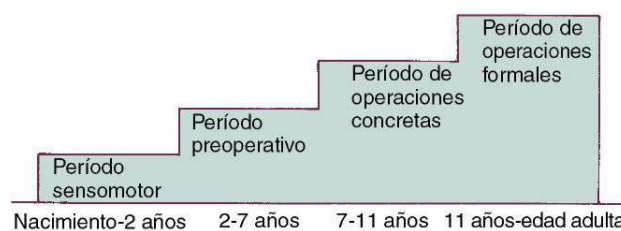
**8. Consecución de la integridad (adultos mayores).** La etapa final del desarrollo psicosocial consiste en conseguir la integridad. En esta etapa, el individuo ya se ha adaptado a la mezcla de gratificaciones y decepciones que experimenta todo adulto. Este sentimiento de integridad puede definirse como la sensación de que uno ha aprovechado al máximo las circunstancias de la vida y está en paz con ella. La característica opuesta es la desesperación. Este sentimiento suele definirse como de disgusto e infelicidad en sentido general, y suele ir acompañado por el temor a que la vida se acabe antes de que podamos conseguir un cambio que nos permita alcanzar la integridad.

### Desarrollo cognoscitivo

El desarrollo cognoscitivo o desarrollo de la capacidad intelectual se produce también en una serie de fases relativamente diferenciadas. Como sucede con las restantes teorías psicológicas, la teoría del desarrollo cognoscitivo está estrechamente relacionada con un personaje sobresaliente, en este caso el psicólogo suizo Jean Piaget. Según Piaget y sus seguidores, el desarrollo de la inteligencia es otro ejemplo del fenómeno generalizado de la adaptación biológica. Todos nacemos con capacidad para adecuarnos o adaptarnos a las circunstancias ambientales físicas y socioculturales en las que debemos vivir.<sup>29</sup>

Según Piaget, la adaptación se produce por dos procesos complementarios: la *asimilación* y la *acomodación*. Desde el comienzo, un niño incorpora o asimila los acontecimientos que se producen en su entorno en categorías mentales denominadas *estructuras cognoscitivas*. En este sentido, una estructura cognoscitiva es una clasificación de sensaciones y percepciones.

Por ejemplo, un niño que acaba de aprender la palabra «pájaro» tenderá a asimilar todos los objetos voladores a su idea de pájaro. Cuando vea una abeja, es probable que diga: «Mira, un pájaro». Sin embargo, para que se pueda desarrollar



**FIGURA 2-58** El desarrollo cognoscitivo se divide en cuatro períodos fundamentales, como se representa aquí.

su inteligencia, el niño debe seguir el proceso complementario de la acomodación. La acomodación se produce cuando el niño cambia su estructura cognoscitiva o categoría mental para representar mejor el entorno que le rodea. En el ejemplo anterior, el niño será corregido por un adulto o un chico mayor y aprenderá pronto a distinguir los pájaros de las abejas. En otras palabras, el niño se acomodará al hecho de ver una abeja, creando una categoría diferente entre los objetos voladores para las abejas.

La inteligencia se desarrolla de acuerdo a una interacción entre la asimilación y la acomodación. Cada vez que el niño de nuestro ejemplo vea un objeto volador, tratará de asimilarlo en las categorías cognoscitivas existentes. Si esas categorías no sirven, intentará acomodarlo creando otras nuevas. Sin embargo, la capacidad de adaptación del niño está limitada por su nivel de desarrollo en cada momento. La noción de que la capacidad de adaptación del niño está *relacionada con su edad* es un concepto fundamental en la teoría del desarrollo de Piaget.

Desde el punto de vista de la teoría del desarrollo cognoscitivo, la vida se puede dividir en cuatro fases fundamentales (fig. 2-58): el período *sensomotor*, que va desde el nacimiento hasta los 2 años de edad; el período *preoperativo*, desde los 2 a los 7 años; el período de *operaciones concretas*, desde los 7 años hasta la pubertad, y el período de *operaciones formales*, que comienza en la adolescencia y abarca toda la vida adulta. Como sucede en las restantes fases del desarrollo, hay que tener en cuenta que la división cronológica es variable, sobre todo en las fases finales. Algunos adultos jamás alcanzan la última fase. Pero el orden de estas fases es constante.

Parece ser que el niño piensa y ve el mundo de un modo muy diferente en las diferentes fases. Un niño no piensa igual que un adulto hasta alcanzar el período de operaciones formales. Dado que los procesos mentales del niño son muy diferentes, no se puede esperar que procese y utilice la información como lo haría un adulto. Para poder comunicarse con un niño, hay que conocer su nivel intelectual y de qué forma funcionan sus procesos mentales durante las diferentes fases del desarrollo.

Las siguientes secciones consideran las fases del desarrollo cognoscitivo de una forma más detallada.

**1. Período sensomotor.** Durante los primeros 2 años de vida, el niño pasa de ser un recién nacido que depende casi por completo de las actividades reflejas, a ser un individuo que puede desarrollar nuevas pautas de conducta para afrontar otro tipo de situaciones. Durante esta fase, el niño desarrolla conceptos rudimentarios sobre los objetos, incluida la idea de que los objetos que le rodean son permanentes; no desaparecen cuando el niño no los mira. Durante este período, se desarrollan formas sencillas de pensamiento que constituyen las bases del lenguaje, pero la comunicación entre el niño y los adultos en esta fase está muy limitada debido a la sencillez de los conceptos y a la carencia de posibilidades de expresión del niño. A esta edad, el niño tiene escasa capacidad para interpretar la información sensorial y una capacidad limitada para retroceder o anticiparse en el tiempo.

**2. Período preoperativo.** Dado que los niños mayores de 2 años empiezan a usar el lenguaje de una forma parecida a los adultos, podemos llegar a pensar que sus procesos mentales se parecen más a los de los adultos de lo que sucede en realidad. Durante el período preoperativo, se desarrolla la capacidad para elaborar símbolos mentales que representen a cosas y aconteci-

mientos que no estén presentes, y los niños aprenden a emplear palabras para simbolizar esos objetos ausentes. Sin embargo, como los niños pequeños utilizan palabras para simbolizar el aspecto o las características externas de los objetos, es frecuente que no consideren aspectos importantes, como la función, y a veces entienden algunas palabras de forma muy diferente a como lo hacen los adultos. Para un adulto, la palabra «abrigo» hace referencia a todo un grupo de prendas externas que pueden ser largas o cortas, gruesas o ligeras, etc. Sin embargo, para un niño preoperativo la palabra «abrigo» solo se relaciona inicialmente con la prenda que él utiliza, y la que usa su padre necesitaría otra palabra.

Una característica especialmente llamativa de los procesos mentales de los niños de esta edad es la naturaleza concreta de los mismos y, por consiguiente, la naturaleza concreta o literal de su lenguaje. En este sentido, concreto es lo opuesto a abstracto. Los niños que están en el período preoperativo entienden el mundo tal como lo perciben a través de sus cinco sentidos primarios. A los niños preoperativos les cuesta muchísimo asimilar conceptos que no se pueden ver, oír, oler, saborear o sentir (p. ej., el tiempo y la salud). A esta edad, los niños utilizan y entienden el lenguaje en un sentido literal, de manera que las palabras solo las entienden como las han aprendido. No pueden ir más allá del sentido literal de las frases hechas, y es probable que interpreten erróneamente los comentarios irónicos o sarcásticos.

Una característica general de los procesos mentales y el lenguaje durante el período preoperativo es el *egocentrismo*, en el sentido de que el niño no es capaz de asumir el punto de vista de otra persona. En esta fase, solo es capaz de captar su propia perspectiva, y asume que el punto de vista de los demás está simplemente más allá de su capacidad mental.

Otra característica de los procesos mentales en esta fase es el *animismo*: el niño confiere vida a los objetos inanimados. Esencialmente, todo lo que ve un niño pequeño tiene vida, lo que hace que a esta edad sean bastante aceptables las historias que otorgan vida a los objetos más inverosímiles. El animismo puede ser utilizado ventajosamente por el equipo dental, dando al instrumental y a los materiales nombres y cualidades de seres vivos. Por ejemplo, se puede dar un nombre al torno y decir que silba porque está contento mientras trabaja puliendo los dientes del niño.

En esta fase, la capacidad de razonamiento lógico está muy limitada y los procesos mentales del niño están dominados por las impresiones sensoriales inmediatas. Esta característica puede comprobarse pidiendo al niño que resuelva un problema de conservación de líquidos. Primero se le muestran dos vasos del mismo tamaño con agua en su interior. El niño reconoce que ambos contienen la misma cantidad de agua. Seguidamente, mientras el niño mira, se vierte el contenido de uno de los vasos en otro más alto y estrecho. Si ahora pedimos al niño que nos diga qué recipiente contiene más agua, generalmente nos responderá que el más alto. Sus impresiones se ven dominadas por la mayor altura que alcanza el agua en el vaso alto.

El equipo odontológico debe utilizar las sensaciones inmediatas y no los razonamientos abstractos para explicar a un niño de esta edad conceptos como la prevención de los problemas dentales. Una higiene oral excelente es muy importante cuando se utiliza un aparato ortodóncico (p. ej., un arco lingual para prevenir la desviación de los dientes). A un niño en este período preoperativo le costará entender una serie de razonamientos, por



ejemplo, los siguientes: «El cepillado y el uso de la seda dental permiten eliminar las partículas de alimentos, lo que impide a su vez que las bacterias produzcan ácidos que pueden provocar caries dentales». Es más probable que entienda lo siguiente: «Si te cepillas los dientes estarán más limpios y suaves» o «La pasta dentífrica hace que la boca te sepa mejor», ya que estas afirmaciones se basan en cosas que el niño puede probar o sentir inmediatamente.

Como es lógico, se puede utilizar el conocimiento de estos procesos mentales para una mejor comunicación con niños de estas edades.<sup>30</sup> Otro ejemplo sería el de tratar de explicar a un niño de 4 años la conveniencia de dejar de chuparse el pulgar. El dentista no tendrá muchos problemas para que el niño acepte la idea de que «el señor Pulgar» era el problema y que el niño y el dentista deben compincharse para controlar al señor Pulgar, que desea meterse en la boca del niño. En otras palabras, puede aplicarse el animismo, incluso a partes del propio cuerpo del niño, que parecen en este sentido cobrar vida propia.

Por otra parte, no sería necesario decir al niño lo orgulloso que se sentiría su padre si dejara de chuparse el pulgar, ya que pensaría que la actitud de su padre era la misma que la suya propia (egocentrismo). Como la noción que tiene el niño del tiempo se centra en el presente y se siente dominado por el aspecto, la sensación, el sabor y el sonido de las cosas en ese momento, tampoco tendría sentido explicarle a un niño de 4 años lo bonitos que serán sus dientes en el futuro si deja de chuparse el dedo. Sin embargo, si se le explica que sus dientes se sentirán mejor ahora o lo mal que sabe el pulgar, podemos conseguir un impacto mayor, ya que puede establecer una relación.

**3. Período de operaciones concretas.** Cuando un niño entra en esta fase, por lo general después de 1 año de actividades preescolares y de primer grado, adquiere una mayor capacidad de razonamiento. Puede utilizar un número limitado de procesos lógicos, especialmente en relación con los objetos que se pueden tocar y manipular (es decir, objetos concretos). Por consiguiente, un niño de 8 años podría ver cómo vertemos agua de un recipiente a otro, imaginarse el proceso a la inversa y deducir que la cantidad de agua permanece invariable, independientemente del tamaño del recipiente. Sin embargo, si se le plantea a un niño de esta edad un problema parecido, exponiéndolo solo con palabras y sin ilustrarlo con objetos concretos, puede ser que no logre resolverlo. El pensamiento del niño sigue basándose fundamentalmente en situaciones concretas, y tiene una capacidad limitada para razonar a niveles abstractos.

Durante esta etapa se desarrolla la capacidad para considerar otros puntos de vista y declina el animismo. Los niños de esta edad se parecen mucho más a los adultos en su forma de ver el mundo, pero siguen manteniendo diferencias cognoscitivas con ellos. La presentación de ideas como conceptos abstractos, en vez de ilustrarlas con objetos concretos, puede ser una barrera importante a efectos de comunicación. Las instrucciones deben ilustrarse con objetos concretos (fig. 2-59). «A partir de ahora este va a ser tu retenedor. Tienes que llevarlo con regularidad para mantener rectos tus dientes», es una frase demasiado abstracta. Se pueden dar instrucciones más concretas, como: «Este es tu retenedor. Méetelo así en la boca, y sácalo así. Póntelo todas las noches justo después de cenar, y llévalo hasta la mañana



**FIGURA 2-59** Las instrucciones para un niño pequeño que vaya a usar un aparato ortodóncico de quita y pon deben ser concretas y explícitas. A esta edad no es posible motivar a los niños con conceptos abstractos, pero sí que influyen la aceptación o la actitud de sus compañeros de grupo.

siguiente. Cepíllalo así con un cepillo viejo y el jabón de lavavajillas de tu madre para mantenerlo siempre limpio».

**4. Período de operaciones formales.** La mayoría de los niños desarrollan la capacidad para afrontar conceptos y razonamientos abstractos hacia los 11 años de edad. En esta fase, los procesos mentales del niño se parecen ya a los de un adulto y puede comprender conceptos como salud, enfermedad y tratamiento preventivo. Intellectualmente, el niño a esta edad puede y debe ser tratado como un adulto. Es tan equivocado hablarle a un niño que ha desarrollado la capacidad de entender conceptos abstractos utilizando las frases concretas necesarias para un niño de 8 años, como asumir que un niño de 8 años puede manejar ideas abstractas. En otras palabras, para poder comunicarse adecuadamente, es necesario apreciar el nivel de desarrollo intelectual del niño (fig. 2-60).

Además de la capacidad para la abstracción, los adolescentes se desarrollan en el plano cognoscitivo hasta el punto de que pueden pensar acerca del pensamiento. Ahora son conscientes de que los demás también piensan, pero suelen suponer, en una nueva expresión de egocentrismo, que ellos y los demás piensan en las mismas cosas. Dado que los adolescentes jóvenes están sufriendo importantes cambios biológicos en su crecimiento y su desarrollo sexual, les preocupan mucho estos acontecimientos. Cuando un adolescente considera lo que pueden estar pensando los demás, asume que piensan lo mismo que él, es decir, en sí mismo. Los adolescentes suponen que los otros están tan preocupados por sus cuerpos, actos y sentimientos como ellos mismos. Se sienten como si





**FIGURA 2-60** A y B. Las instrucciones a esta niña para que aprenda a ponerse y quitarse su casquete son muy importantes, pero con su grado de desarrollo puede y debe entender por qué tiene que llevarlo mientras le crecen los maxilares. Sería un error hablarle como si fuera una niña más pequeña.

estuvieran constantemente «en escena», siendo observados y criticados por los que les rodean. Elkind denomina a este fenómeno la «audiencia imaginaria».<sup>31</sup>

La audiencia imaginaria es una influencia muy poderosa para los adolescentes y les hace sentirse muy conscientes de sí mismos y especialmente sensibles a la influencia de los amigos. Están muy preocupados por lo que pensarán los amigos de su apariencia y sus actos, sin darse cuenta de que los demás están demasiado ocupados en ellos mismos para prestar demasiada atención a cualquier otra cosa.

Por supuesto, la reacción de la audiencia imaginaria a los aparatos ortodóncicos tiene una gran importancia para un paciente adolescente. Con la generalización del tratamiento ortodóncico, los adolescentes se preocupan menos por la posibilidad de ser rechazados por llevar aparato en los dientes, pero son muy susceptibles a las sugerencias de los amigos sobre cómo deben ser los aparatos. En algunas consultas, esto ha dado lugar a la solicitud de brackets de cerámica o plástico del color de los dientes (para que sean menos visibles); en otras, se han popularizado las ligaduras y los elásticos de colores llamativos (porque los lleva todo el mundo).

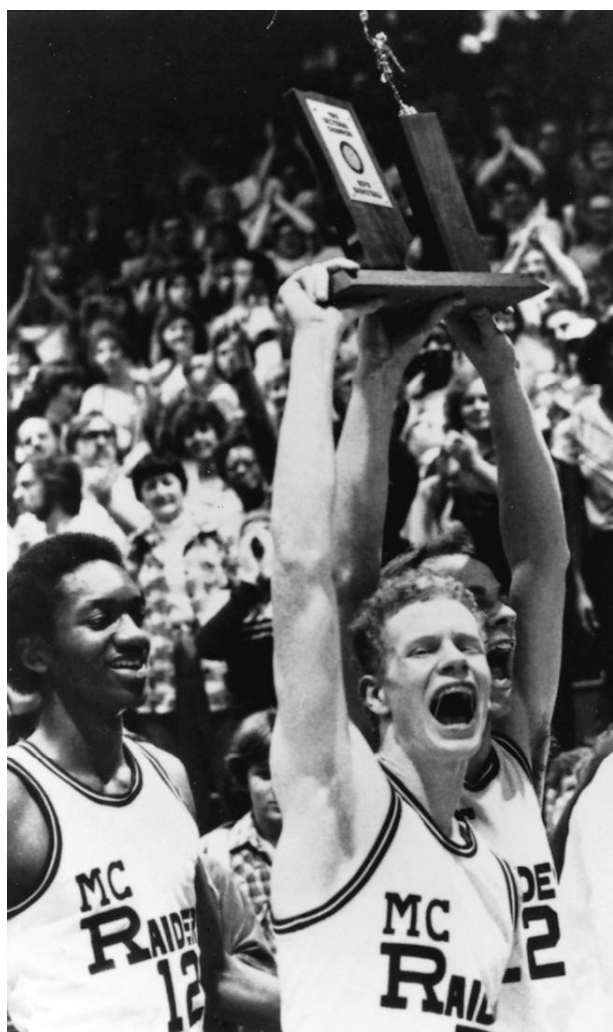
La idea de que «a los demás les importa realmente mi aspecto y mis sentimientos tanto como a mí» lleva a los adolescentes a pensar que son personas bastante exclusivas y especiales. Si no fuera así, ¿por qué iban a estar los demás tan interesados en él? Como consecuencia de estos pensamientos se produce otro fenómeno, al que Elkind denominó la «fábula personal». Este concepto se basa en que «como soy único, no estoy sujeto a las consecuencias que sufren los demás». La fábula personal es una motivación muy poderosa que nos permite enfrentarnos a un mundo peligroso y hacer cosas como viajar en avión, aun a sabiendas de que «en ocasiones se estrellan, pero el mío llegará sin problemas».

Aunque tanto la audiencia imaginaria como la fábula personal son funciones muy útiles que nos ayudan a desarrollar una conciencia social y a afrontar un entorno hostil, también pueden dar lugar a conductas disfuncionales e incluso a la aceptación de riesgos temerarios. El adolescente puede conducir a gran

velocidad pensando que «soy único, estoy especialmente dotado para conducir y otros conductores menos habilidosos pueden sufrir accidentes, pero yo no». Estos fenómenos pueden tener una influencia notable en el tratamiento ortodóncico. Dependiendo de lo que crea el adolescente, la audiencia imaginaria puede influir en él a la hora de aceptar o rechazar el tratamiento y de llevar o no aparatos ortodóncicos. La fábula personal puede llevarle a ignorar los riesgos para su salud, como la descalcificación de los dientes debida a una mala higiene oral durante el tratamiento ortodóncico. Por supuesto, pensará que «otros podrán preocuparse por eso, pero yo no».

El reto para el odontólogo no consiste en intentar cambiar la percepción que tienen los adolescentes de la realidad, sino en ayudarles a verla con mayor claridad. Un paciente adolescente puede protestar a su ortodoncista y decirle que no quiere llevar un determinado aparato porque los demás pensarán que le hace «parecer un idiota». En esta situación, de poco servirá decirle que no se debe preocupar, ya que muchos de sus amigos también utilizan ese aparato. Una actitud más práctica y que no rechaza el punto de vista del paciente consiste en aceptar que puede tener razón sobre lo que pensarán los demás, pero pidiéndole que haga la prueba durante un tiempo determinado. Si sus amigos reaccionan como él preveía, se podrá hablar de algún otro tratamiento diferente, aunque menos aconsejable. Esta prueba de la percepción de la realidad por parte del adolescente suele demostrar que la audiencia no responde negativamente al aparato o que el paciente puede afrontar perfectamente la respuesta de sus amigos. En esta categoría suele estar la utilización en público de elásticos intermaxilares. Si animamos al adolescente reacio a que los pruebe y juzgue la reacción de sus amigos, tendremos más probabilidades de conseguir que los utilice que si le decimos que todo el mundo los usa y que él debería hacerlo también (fig. 2-61).

Los pacientes adolescentes experimentan a veces el fenómeno de la audiencia imaginaria en relación con un determinado aparato, pero valoran incorrectamente la respuesta de dicha audiencia. Pueden necesitar orientación para poder valorar adecua-



**FIGURA 2-61** Llevar los elásticos ortodóncicos durante un partido de baloncesto de los campeonatos académicos, como es el caso de este joven, es algo aceptado por sus compañeros; pero las posibilidades de que el ortodoncista convenza a un adolescente para que lo haga pasan por animarle a que realice la prueba y compruebe su respuesta, en vez de decirle que debe hacerlo porque todo el mundo lo hace. (Por cortesía de T.P. Laboratories.)

damente dicha reacción. Nuestra experiencia con Beth, una chica de 13 años, es un buen ejemplo. Tras la pérdida de un incisivo central superior en un accidente, el tratamiento de Beth incluía el empleo de una dentadura postiza parcial de quita y pon para reemplazar al diente perdido. Se les explicó a la chica y a sus padres que tendría que llevar el aparato de quita y pon hasta haber conseguido una curación y un crecimiento suficientes para permitir el tratamiento con un puente fijo temporal y, por último, un implante. En una cita rutinaria de recuerdo, Beth preguntó si se le podría colocar el puente en ese momento. Comprendiendo que Beth podía estar preocupada por ello, el odontólogo le dijo: «Beth, este aparato parcial debe de ser un problema para ti. Dime qué te sucede». Beth le contestó que era molesto. El dentista siguió indagando y le preguntó: «¿Cuándo te resulta molesto?», a lo que Beth contestó: «Cuando voy a dormir a casa de otras chicas y

tengo que quitármelo para cepillarme los dientes». «Bueno, ¿cuál es la reacción de las chicas cuando te ven quitarte el diente?». Beth respondió: «Piensan que es ingenioso». No se dijo nada más acerca de hacer el puente fijo en ese momento y el tema de conversación derivó hacia las vacaciones que planeaban Beth y su familia.

Este ejemplo indica cómo es posible orientar a los adolescentes hacia una valoración más exacta de la reacción de la audiencia, así se permite que resuelvan sus propios problemas. Esta actitud por parte del dentista no rebate la realidad que percibe el adolescente ni la acepta incondicionalmente. Un buen profesional de la odontología debe ayudar a los adolescentes a valorar la auténtica realidad que les rodea.

Para poder ser recibido, el mensaje del dentista debe ser presentado con palabras que correspondan al grado de desarrollo cognoscitivo y psicosocial que haya alcanzado el niño. Es tarea del dentista valorar minuciosamente el grado de desarrollo del niño y adaptar su lenguaje para poder presentar los conceptos de forma que pueda llegar a comprenderlos. El adagio «a cada uno lo suyo» se aplica especialmente a los niños, cuyas diferencias en el desarrollo intelectual y psicosocial influyen en su actitud ante el tratamiento ortodóncico, al igual que los distintos grados de desarrollo físico.

## Bibliografía

1. Parkas LG. *Anthropometry of the Head and Face*. New York: Raven Press; 1994.
2. Cevidanes LH, Motta A, Proffit WR, et al. Cranial base superimposition for 3D evaluation of soft tissue changes. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 137(suppl 4):S120-129, 2010.
3. Cevidanes LH, Franco AA, Gehrig G, et al. Assessment of mandibular growth and response to orthopedic treatment with 3-dimensional magnetic resonance images. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 128:16-26, 2005.
4. Chihiro T, Takada K, van Aalst J, et al. Objective three-dimensional assessment of lip form in patients with repaired cleft palate. *Cleft Palate Craniofacial J* 47:611-622, 2010.
5. Thompson DT. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press; 1971.
6. Baer MJ, Bosma JF, Ackerman JL. *The Postnatal Development of the Rat Skull*. Ann Arbor. Mich: The University of Michigan Press; 1983.
7. Brugmann SA, Allen NC, James AW, et al. A primary cilia-dependent etiology for midline facial disorders. *Hum Mol Genet* 19:1577-1592, 2010.
8. Berdal A, Molla M, Hotton D, et al. Differential impact of MSX1 and MSX2 homeogenes on mouse maxillofacial skeleton. *Cells Tissues Organs* 189:126-132, 2009.
9. Purcell P, Joo BW, Hu JK, et al. Temporomandibular joint formation requires two distinct hedgehog-dependent steps. *Proc Natl Acad Sci USA* 106:18297-18302, 2009.
10. Xue F, Wong RW, Rabie AB. Genes, genetics, and Class III malocclusion. *Orthod Craniofac Res* 13:69-74, 2010.
11. Decker E, Stellzig-Eisenhauer A, Fiebig BS, et al. *PTHR1* loss-of-function mutations in familial, nonsyndromic primary failure of tooth eruption. *Am J Human Genetics* 83:781-786, 2008.
12. Frazier-Bowers SA, Simmons D, Wright JT et al. Primary failure of eruption and PTH1R: the importance of a genetic diagnosis for orthodontic treatment planning. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 137:160e1-160e7, discussion 160-161, 2010.
13. Dai J, Rabie AB. Gene therapy to enhance condylar growth using rAAV-VEGF. *Angle Orthod* 78:89-94, 2008.
14. Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.

15. Copray JC. Growth of the nasal septal cartilage of the rat in vitro. *J Anat* 144:99-111, 1986.
16. Delatte M, Von den Hoff JW, van Rheden RE, et al. Primary and secondary cartilages of the neonatal rat: the femoral head and the mandibular condyle. *Eur J Oral Sci* 112:156-162, 2004.
17. Gilhuus-Moe O. Fractures of the Mandibular Condyle in the Growth Period. Stockholm: Scandinavian University Books, Universitetsforlaget; 1969.
18. Lund K. Mandibular growth and remodelling process after mandibular fractures: a longitudinal roentgencephalometric study. *Acta Odontol Scand* 32(64):3-117, 1974.
19. Moss ML. The functional matrix hypothesis revisited. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 112:8-11, 221-226, 338-342, 410-417, 1997.
20. Weinstein P. Child-centered child management in a changing world. *Eur Arch Paediatr Dent* 9(suppl 1):6-10, 2008.
21. Roberts JF, Curzon ME, Koch G, et al. Review: behaviour management techniques in paediatric dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent* 11:166-174, 2010.
22. Miltenberger RG. Behavior Modification: Principles and Procedures. 3rd ed. Pacific Grove. Calif: Brooks/Cole; 2004.
23. Baghadi ZD. Principles and application of learning theory in child patient management. *Quintessence International* 32:135-141, 2001.
24. Gustafsson A. Dental behaviour management problems among children and adolescents—a matter of understanding? Studies on dental fear, personal characteristics and psychosocial concomitants. *Swed Dent J* (suppl 202):1-46, 2010.
25. Farhat-McHayleh N, Harfouche A, Souaid P. Techniques for managing behavior in pediatric dentistry: comparative study of live modeling and tell-show-do based on children's heart rates during treatment. *J Can Dent Assoc* 75:283, 2009.
26. Chambers DW. Managing anxieties of young dental patients. *ASDC J Dent Child* 37:363-373, 1970.
27. Erikson EH. A Way of Looking at Things—Selected Papers from 1930 to 1980 (S. Schlein, editor). New York: WW Norton & Co; 1987.
28. de Paula DF Jr, Santos NC, da Silva ET, et al. Psychosocial impact of dental esthetics on quality of life in adolescents. *Angle Orthod* 79:1188-1193, 2009.
29. Wadsworth BJ. Piaget's Theory of Cognitive and Affective Development. New York: Longman; 1989.
30. Newton JT, Harrison V. The cognitive and social development of the child. *Dent Update* 3233-34, 37-38, 2005.
31. Elkind D. The teenager's reality. *Pediatr Dent* 9:337-341, 1987.