

FLEXIBILIDAD

Klgo. Edgardo Opazo

Flexibilidad

- Del Latin “flectere” que significa curvar
- *Capacidad para desplazar una articulación o una serie de articulaciones a través de una amplitud de movimiento completa sin restricciones ni dolor (Prentice)*

Flexibilidad

- Capacidad psicomotora responsable de la reducción y minimización de todos los tipos de resistencias, que las estructuras neuro-mio-articulares de fijación y estabilización, ofrecen al intento de ejecución voluntaria de movimientos de amplitud angular óptima, producidos tanto por la acción de **agentes endógenos** (contracción del grupo muscular antagonista) como **exógenos** (propio peso corporal, compañero, sobrecarga, inercia, otros implementos, etc.) (Di Santo)

Importancia



- Patrones normales de movimiento
- Postura y Técnica deportiva
- Elasticidad y almacenamiento de energía
- Relajación muscular
- Influencia en la Reparación Tisular

Factores



- La flexibilidad es afectada por:
 - ▣ Factores intrínsecos
 - ▣ Factores extrínsecos

Factores Intrínsecos

- ❑ Estructuras óseas
- ❑ Masa adiposa
- ❑ Músculos y tendones
- ❑ Tejido conectivo
- ❑ Sistema nervioso
- ❑ Sexo
- ❑ Edad
- ❑ Calentamiento muscular previo



Factores extrínsecos



- Temperatura ambiental
- Costumbres sociales
- Estados emocionales
- Hora del día

Modelo de Hill

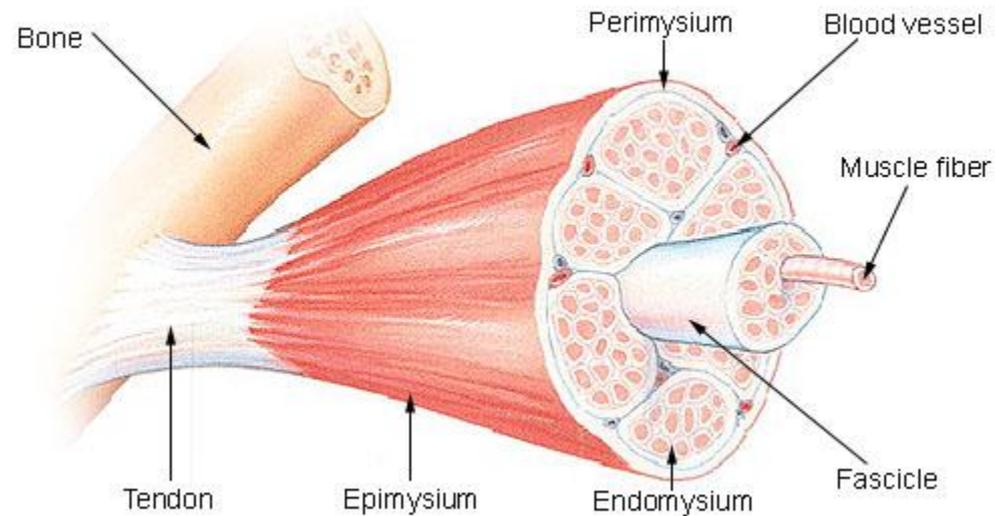
- El total de tensión activa que el sistema muscular puede generar equivale a la suma de la tensión ejercida por el conjunto de sus componentes.
(Halbertsma, J., et al. 1996).



Modelo de Hill

- Elementos contráctiles (EC)
- Elementos elásticos en paralelo (EEP)
- Elementos elásticos en serie (EES)

Structure of a Skeletal Muscle



De acuerdo al modelo

- Contracción muscular
 - ▣ Acortamiento EC
 - ▣ Distensión del EES
- Relajación
 - ▣ EC vuelve a su longitud original
- Estiramiento
 - ▣ Los EEP son los mayormente afectados

Fisiología de la elongación

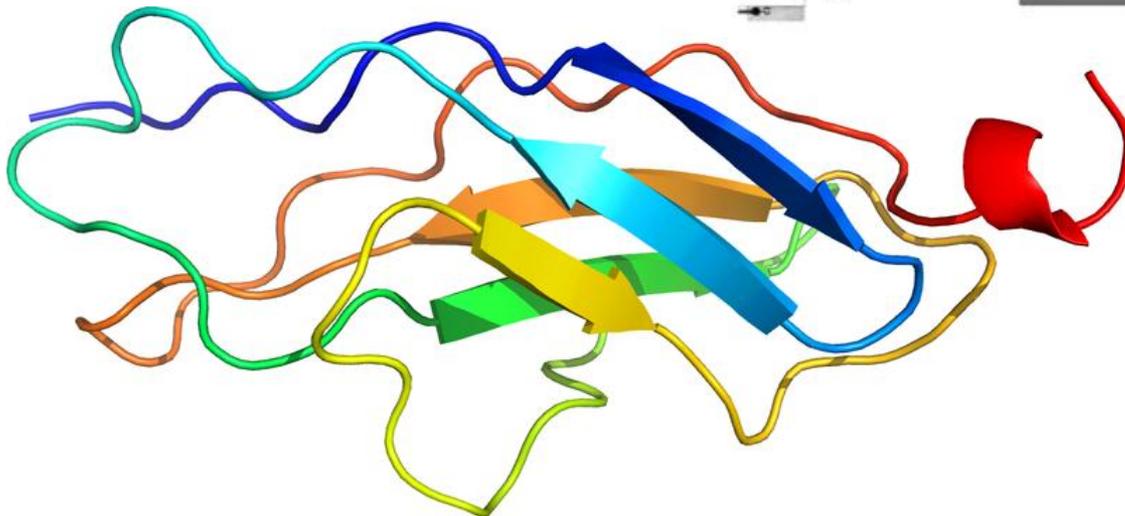
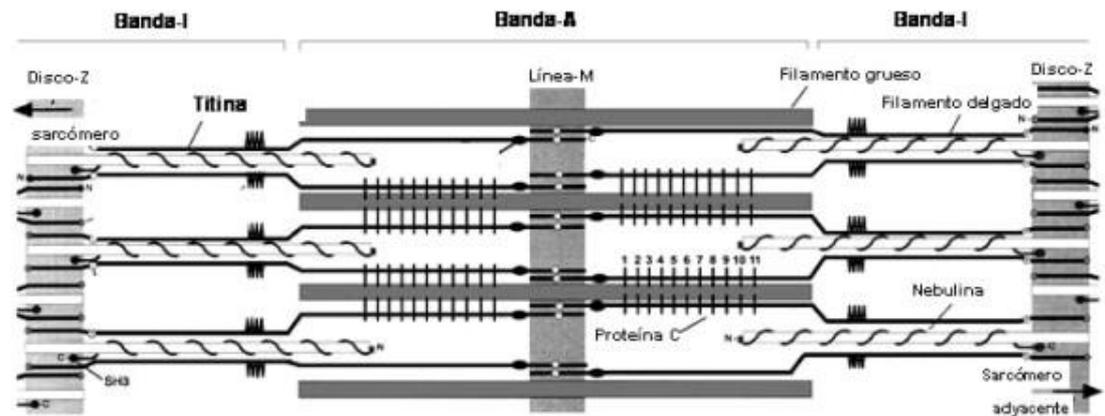
- La tensión viaja vía tejido conectivo pasando por el sarcolema hasta los elementos no contráctiles en la línea Z
- Los EES y los EEP se ven estirados.
- Si el EC está relajado el EEP puede elongarse
- El EC al estiramiento presenta un comportamiento tixotrópico (propiedad de un fluido no newtoniano en que existe cambio de viscosidad y de su resistencia a la deformación cuando es sometido a fuerzas dependientes del tiempo)

Longitud

- El aumento en la tensión pasiva aumenta el largo de los sarcómeros
- Estresa los componentes no contráctiles del músculo (colágeno) y proteínas de la matriz extracelular (Titina)

Titina

- Une la miosina al disco Z



Señales moleculares de stress miofibrilar

- Existen varias vías que:
 - ▣ Activan factores de transcripción
 - ▣ Activan enzimas (PKB)
- Existen diferencias de acuerdo al tipo de fibra para la respuesta al estiramiento (fibras rápidas titina mas sensible)

Señales celulares activadas por tensión

- Las células satélites responden a la tensión mecánica.
- El estiramiento induce el Factor de crecimiento del hepatocito (HGF) liberado y que actúa dependiente de óxido nítrico.
- El HGF se une a un receptor de membrana iniciando la proliferación celular

Adaptaciones estructurales

- Se sabe que la inmovilización en elongación suma sarcómeros en serie, en cambio, si se realiza en acortamiento la cantidad de sarcómeros disminuye.
- Además existe una remodelación del tejido conectivo muscular

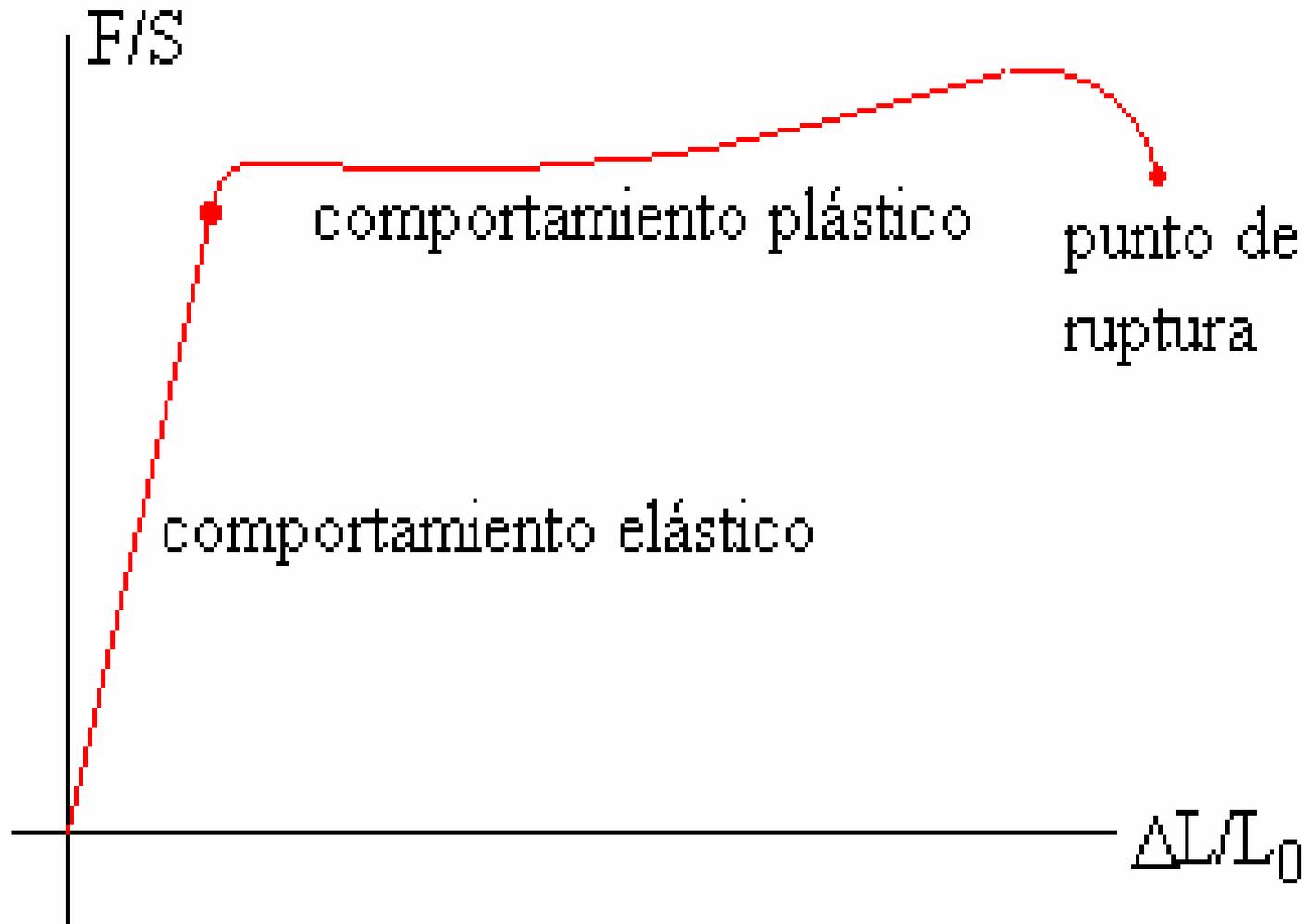
Teoría de popping sarcomérico

- El mecanismo por el cual el ejercicio excéntrico produce daño muscular, DOMS, y aumento en la longitud óptima para la generación de torque (Morgan 1990).
- Dice que daño inducido por estiramiento resulta por la poca uniformidad de largo de los sarcómeros, cuando el músculo es estirado mas allá de su longitud óptima.
- Al estar los sarcómeros mas allá de su longitud óptima, los sarcómeros mas largos serán mas débiles y se estiraran mas rápidamente que el resto. Todo esto hasta que la tensión pasiva logre compensar la caída de la tensión activa.

Componentes de la Flexibilidad

- Movilidad
 - ▣ Propiedad de las articulaciones para realizar movimiento
- Distensibilidad o Compliance
 - ▣ Capacidad de deformarse en relación a la fuerza
- Elasticidad
 - ▣ Capacidad de deformarse y volver a su forma original
- Plasticidad
 - ▣ Producto de una fuerza cambiar la forma distinto a la original

Modulo de Young



Deformación

- **Deformación elástica o reversible** el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de *energía potencial elástica*, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.
- **Deformación (visco)plástica o irreversible.** Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

- 
- Al valor máximo de la fuerza aplicada sobre un objeto para que su deformación sea elástica se le denomina límite elástico
 - Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos

Tipos de flexibilidad

- Dinámica
 - ▣ Movimiento de una articulación por medio de una contracción muscular
- Estática
 - ▣ El rango de movimiento pasivo de una articulación
- Alter 1996

Beneficios ?

- Aumento del ROM
- Prevención de lesiones musculo esqueléticas por tensión
- Aumento de la relajación muscular como base para un movimiento mas fluido
- Disminución de la rigidez muscular para poder almacenar energía elástica mas eficiente
- Retarda el DOMS
- Mejora el rendimiento deportivo en atletas
- Previene acortamientos musculares
- Mejora la coordinación neuromuscular

Elongación

- Método por el cual se mejora la flexibilidad
- Sus efectos son a corto y a largo plazo
- Presenta todas las características del ejercicio físico

Técnicas

- Elongación Balística
- Elongación estática asistida o pasiva asistida
- Elongación activa
- Elongación con principios de Facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)

Elongación Balística

- Técnica de rebotes
- En donde las contracciones repetitivas del músculo agonista se utilizan para producir elongaciones rápidas del músculo antagonista
- Se utiliza velocidad para forzar la articulación a un grado mayor de movimiento

Elongación Balística

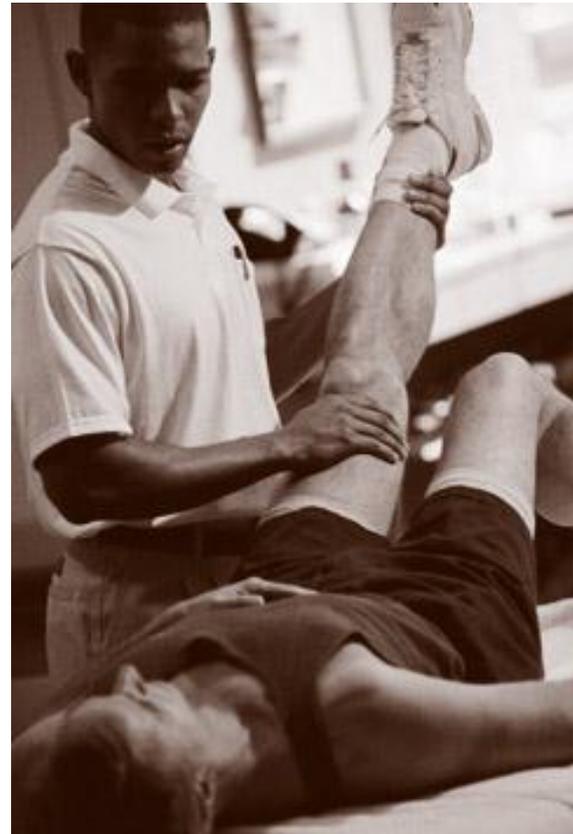
- Ejemplo
 - ▣ Patear pelota
 - ▣ Gesto trote
 - ▣ Lanzamiento handbol
- Pro y Contras
- Utilización
 - ▣ Calentamiento

Elongación Pasiva Asistida

- Estiramiento de un músculo o grupo muscular hasta que el movimiento es impedido por su propia tensión
- Nunca debe existir sensación dolorosa
- La fuerza tiene que ser mantenida en el tiempo para anular los reflejos musculares
- Esta mantención según la literatura va de 3 a 60 segundos

Elongación Pasiva Asistida

- La musculatura se encuentra relajada y la fuerza es realizada por un agente externo
- Esta técnica provoca un aumento inmediato del rango articular
- Según Magnusson la duración de este aumento sería de 30min.



Elongación Activa

- El estiramiento es provocado por la contracción muscular del agonista al movimiento
- Se utiliza solo la fuerza generada por la musculatura



Descanso





Viscoelasticidad

- Elástico
 - ▣ Independiente del tiempo
 - ▣ Deformación plástica
- Viscoso
 - ▣ Creep: debido a la fuerza lentamente va aumentando de longitud
 - ▣ Relajación por estrés: tensión disminuye cuando la longitud se mantiene constante
- Histéresis
 - ▣ Grado de relajación que experimenta un tejido durante la deformación y el desplazamiento (Prentice)

Compliance

- Distensibilidad
 - ▣ Cambio de longitud por unidad de fuerza
- En el musculo hay mayor estiramiento con la misma aplicación de fuerza

Relación elongación fuerza

- Los estudios más recientes indican que las elongaciones musculares reducen la fuerza en todas sus variantes, así como también el rendimiento deportivo inmediatamente después de su aplicación

- Wiemann y Klee (1992) desarrollaron un estudio en el cual deportistas realizaron 15 minutos de elongación de extensores y flexores de cadera entre sprints de 40 m., el desempeño empeoró alrededor de 0.14 s, mientras que el grupo control, que en vez de elongaciones realizó un trote suave de 15 minutos entre los sprints mejoró su tiempo en alrededor 0.03 s

- Gullich y Schmidtbleicher (2000) trataron de explicar la reducción del rendimiento en el salto alto inmediatamente después de un protocolo de elongación, esta reducción se mantuvo luego de 30 minutos debido a una disminución en la activación neural de los músculos

- En el estudio de Fowles y Sale (2000) se recrearon condiciones de elongación para los plantiflexores de tobillo, se observó que efectivamente después de aplicado un protocolo de elongación, la tensión pasiva del músculo disminuía, así como la longitud del músculo aumentaba. En cuanto a la contracción voluntaria máxima, el grupo experimental obtuvo valores de fuerza 28% menores al grupo control

Relación elongación fuerza

- La disminución de fuerza se asocia
 - ▣ Con la disminución de la activación neural
 - ▣ Cambios en la relación longitud tensión
 - ▣ Deformación plástica

Relación elongación fuerza

- Por otro lado en pruebas funcionales se ha demostrado que el rendimiento mejora luego de elongación muscular, debido a:
 - ▣ Disminuye la viscoelasticidad del tendón y el músculo
 - ▣ Disminuye la rigidez
 - ▣ Menor requerimiento de energía para mover el miembro

- Cacchi et al. en el año 1987 realizó una investigación en la cual estudiantes universitarios realizaban tres test: squat jump, salto vertical con contramovimiento y el power test en 15''
- En un primer momento estos test se desarrollaron sin la aplicación de ningún tipo de elongación y posteriormente con la aplicación, primero de elongación pasiva y después de elongación con FNP.
- En los individuos examinados se advirtió una influencia positiva de los protocolos de elongación, las mejoras más altas en promedio se registraron después de la aplicación de elongación por FNP.

- Worrel et al. en 1994 observó experimentalmente un aumento del torque máximo isocinético post elongación.
- Este estudio se realizó en 19 sujetos sometidos a dos técnicas de elongación de isquiotibiales: pasiva asistida y con FNP, luego de esto se midió el rango articular y el torque isocinético máximo.
- Como resultado no hubo una diferencia significativa en los ROM entre ambas técnicas de elongación, sin embargo, el torque máximo alcanzado después de ambos protocolos de elongación fue considerablemente mayor al torque máximo basal, con valores de aumento de + 21.3% para la elongación pasiva y de + 25.7 para la elongación con FNP

Cambios a largo plazo

- Cambios de tipo anatómico morfológico y molecular a nivel muscular, cubiertas conectivas y tendón, incluso a nivel de receptores nerviosos periféricos
- Deformación plástica del tejido
- Aumento de sarcomeros en serie por miofibrilogenesis

Miofibrilogénesis

- La fosforilación de proteínas integrales de la membrana asociadas al citoesqueleto
- La secreción selectiva de factores de crecimiento regulada por mecanismos paracrinos y autocrinos.
- Cambios en el flujo intracelular de iones producto de la apertura de canales iónicos que se activan por la elongación de la fibra

Flexibilidad y prevención de lesiones

- Generalmente la flexibilidad esta asociada a disminución de lesiones
- Estudios de grandes series han demostrado lo contrario
- La flexibilidad encuentra beneficios en actividades con alta intensidad de ciclos estiramiento acortamiento como el futbol, velocidad, lanzamientos, etc

Razones

1. En animales , la inmovilización o el aumento de la compliance por calor en el tejido muscular, causa la ruptura mas facilmente.
 2. Elongar previo a un ejercicio no tiene efecto en actividades donde la excesiva longitud muscular no es importante
 3. La elongación no afecta la compliance durante la actividad excentrica, donde mas se cree que ocurren desgarrros
 4. La elongación puede producir daño a nivel del citoesqueleto
 5. La elongación parece enmascarar el dolor en humanos.
- Shrier, 1999

- Estudio realizado por investigadores del Kapooka Health Centre, la Universidad de Sydney y Charles Sturt University (Rudski, S., 1997), investigo los efectos de un protocolo de elongaciones previas al ejercicio intenso en los miembros inferiores, en un periodo de 11 semanas, en 1568 reclutas de la armada entre los 17 y los 35 años de edad, que se encontraban cursando su periodo de instrucción básica
- La metodología de este estudio los individuos fueron separados en dos grupos: uno con los que fueron sometidos al protocolo de elongación y el segundo grupo los cuales no fueron sometidos a este programa.
- Los investigadores decidieron ocupar un protocolo de elongación usado por la gran mayoría de atletas en sus actividades precompetitivas: 20 segundos de elongación muscular pasiva asistida para cada grupo muscular del miembro inferior (Gastrocnemio, Soleo, Isquiotibiales, Cuadriceps, Flexores de cadera y Aductores).
- Los resultados de este estudio indicaron que no hubo diferencia significativa en la incidencia de lesiones entre los dos grupos en estudio

Flexibilidad y DOMS

- Delay Onset Muscle Soreness
- The evidence derived from mainly laboratory-based studies of stretching indicate that muscle stretching does not reduce delayed-onset muscle soreness in young healthy adults. *Cochrane Database Syst Rev. 2007 Oct 17;(4)*

Entrenamiento

- Tipo
 - ▣ Balístico
 - ▣ Pasivo
 - ▣ Activo
 - ▣ FNP
- Intensidad
 - ▣ Dolor
 - ▣ >40 segundos
 - ▣ 3 a 5 repeticiones (ACSM)

Entrenamiento

- Frecuencia
 - ▣ 3 veces por semana
 - ▣ Luego de cada sesión de entrenamiento
 - ▣ Se pierde rápidamente

Bibliografía

Witvrouw y cols, “**Stretching and Injury Prevention An Obscure Relationship**”, *Sports Med* 2004; 34 (7): 443-449.

Puxkandl y cols, “**Viscoelastic properties of collagen: synchrotron radiation investigations and structural model**”, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (2002) 357, 191–197.

Kubo y cols, “**Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo**”, *J Appl Physiol* 90:520-527, 2001.

Prentice, “**Técnicas de Rehabilitación en la Medicina Deportiva**”, 2º Ed., Editorial Paidotribo, 2002.

M. Nordin, “**Biomecánica Básica del Sistema Musculoesquelético**”, Ed. McGraw-Hill, 3ºEd., 2004

Travis Brown. “**Core Flexibility, Static and Dynamic Stretches for the Core**”. *NSCA Performance Training Journal*; Vol., 4, Nº4, 8-10, 2005.

Di Santo, Mario. “**Importancia de la Flexibilidad**”. *PubliCE Standard*. 02/05/2001. Pid: 42.

Di Santo, Mario. “**Entrenamiento de la Flexibilidad**”. *PubliCE Standard*. 10/07/2000. Pid: 36.