

PROPIEDADES DE LOS MUSCULOS, LAS FASCIAS Y LOS TENDONES

ELASTICIDAD

Prof. Dra. Cristina Oleari

Introducción

Hemos comenzado con la serie de artículos que se refieren a las propiedades biomecánicas y capacidades fisiológicas que se ponen en juego para la optimización del movimiento.

En este número se va a desarrollar la ELASTICIDAD, una de las propiedades biomecánicas y fisiológicas, y analizar la respuesta del músculo, de las fascias y de los tendones. Cuando nos referimos a "músculo" se está hablando de un conjunto funcional indisociable Unidad MioFascial- Tendinosa (UMFT) de fibras musculares (el componente contráctil) y el tejido conectivo fibroso (fascias y tendones) entre las fibras, alrededor de ellas y/o a continuación de las mismas, sea como envoltura o como inserciones (que constituyen el componente elástico de toda la estructura)

¿Por qué no hablar de flexibilidad?

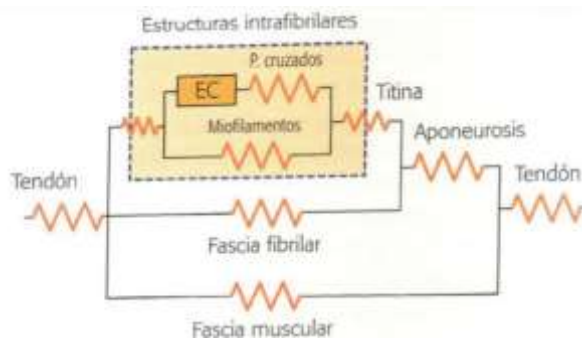
Se debe definir la flexibilidad como la cualidad o capacidad que tienen los objetos en general (los tejidos corporales, en particular) de deformarse cuando se les aplica una fuerza. Es por ello, que la flexibilidad involucra la movilidad de las articulaciones y la elasticidad de músculos fascias y tendones. La flexibilidad depende del estado de las estructuras osteoarticulares para que puedan moverse alrededor de todos sus ejes fisiológicos (según las posibilidades de cada articulación) y con las amplitudes normales, pero también de las propiedades de extensibilidad (posibilidad de alargarse) de músculos, fascias y tendones.

Cuando se habla de elasticidad, es la propiedad mecánica de deformarse al aplicar una fuerza y de volver a su posición inicial cuando se retira la carga. Cuando se aplica a la UMFT, se refiere a la capacidad de los tejidos de alargarse, cuando se somete a una fuerza (puede ser muscular o fuerzas externas) y de volver a su longitud de reposo cuando cesa la misma.

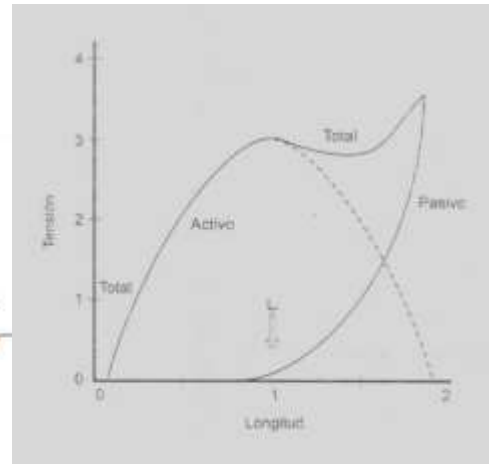
La representación de esta UMFT se puede realizar a través de este esquema en el cual los elementos elásticos en paralelo y en serie a las fibras contráctiles) son graficados como un resorte y el elemento contráctil (EC) es la fibra muscular. La elasticidad previene el estiramiento pasivo en exceso de los elementos contráctiles, disminuye la probabilidad de lesiones musculares generando un efecto de amortiguación al absorber las tensiones.

Si se analiza solo el componente contráctil, la mayor posibilidad de generar tensión (fuerza) es en la longitud de reposo (llamada L_0) y se corresponde con la longitud muscular cuando las articulaciones están en posición anatómica. Pero, al analizar el músculo en conjunto con sus componentes elásticos, se observa que la mayor posibilidad de tensión se ejerce cuando hay un aumento de la longitud muscular.

Ejemplo de esto se evidencia cuando alguien quiere saltar o desarrollar más fuerza, realiza primero un agrupamiento de los segmentos, con flexión en las articulaciones que genera estiramiento previo para potenciar la extensión.



(Lieber)



(Viladot)

El alargamiento primero se da en los componentes contráctiles y luego en los componentes elásticos, recién la deformación del tendón (en muy pequeña proporción 3%) se alarga cuando los otros dos elementos lograron su máxima posibilidad. Dentro del componente contráctil, es decir, la fibra muscular se identifican filamentos asociados a la actina, como la Titina el cual es más maleable y actúa como organizador de la estructura del sarcómero, soportando la mayor carga pasiva en el músculo. También tiene la función de sensor de las condiciones mecánicas alteradas como cambios crónicos de longitud por rigidez debido a inmovilización, ACV (accidente cerebrovascular), lesión medular o PC (parálisis cerebral), también por vuelos al espacio.

Elasticidad- Viscoelasticidad y Plasticidad

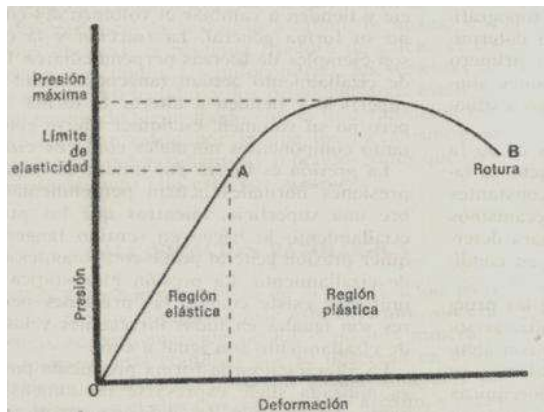
Ya se definió a la **elasticidad** como la capacidad de deformarse cuando se le aplica una fuerza, pero de volver a su longitud inicial, cuando la fuerza deja de actuar. Sin embargo, esta propiedad mecánica de los sólidos está combinada con la resistencia a la deformidad de los líquidos, llamada viscosidad, ya que los tejidos (en particular los músculos y las fascias) son muy ricos en componentes acuosos (75%). Es por ello que la propiedad que se va a analizar es la combinación de ambas: **viscoelasticidad**. Esta propiedad mecánica relaciona la deformación elástica de los sólidos (dependiente de la fuerza aplicada) con la de los líquidos (dependiente de la velocidad de aplicación de la carga, el tiempo y la temperatura). Es decir, que los tejidos se van a deformar más cuanto más lenta se aplique la fuerza y se sostenga durante más tiempo. Por el contrario, ante un movimiento veloz los tejidos responden con mayor rigidez.

Análisis de la curva carga- deformación

La deformación elástica del músculo no es lineal, sino que responde según se aplica la fuerza. La curva de deformación es diferente en el músculo, la fascia y el tendón, por eso se va a describir a cada una por separado sabiendo que la respuesta es al unísono.

Curva del Músculo: La primera parte es la única con comportamiento elástico, aumenta la deformación directamente proporcional al aumento de la fuerza. Luego, cuando aumenta la aplicación de la fuerza, la curva es exponencial y representa la deformación plástica, hasta llegar a un punto máximo donde se produce la rotura.

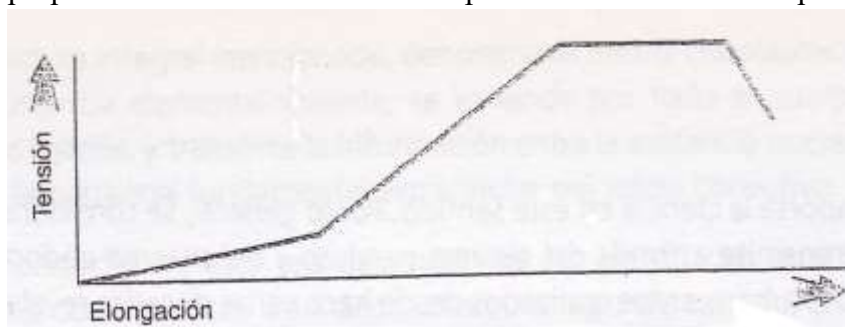
(Viladot; Miralles)



(Owen- Viladot- miralles)

Deformación de las Fascias:

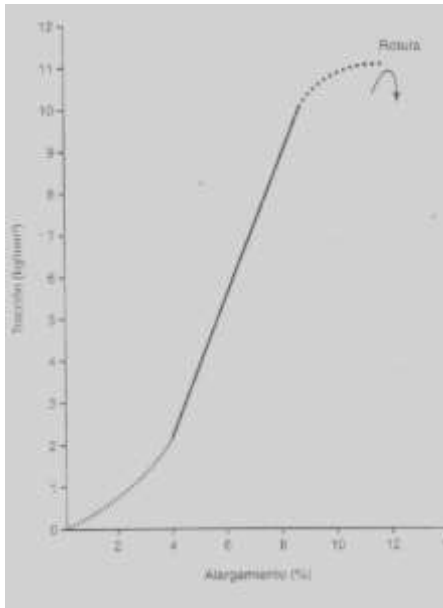
Cuando se aplica una fuerza a las fascias, el tejido conectivo pasa del reposo a una puesta en tensión (pérdida del slack) en la que la resistencia es mínima (fase pre-elástica). Si se aplica más tensión, se produce una deformación lineal proporcional (fase elástica) pero cuando se detiene la aplicación de la tensión el tejido vuelve a su estado original. Pero al ser viscoelástico es importante el mantenimiento del tiempo donde la salida de líquidos es más rápida que la entrada una vez retirada la carga, por lo que la etapa de relajación debe ser de mayor tiempo que la de aplicación de la fuerza. Cuando se llega a la etapa plástica, pequeños desgarros microscópicos de fibras de colágeno cambian perdurables e irreversibles cuando se saca la carga el tejido no vuelve a su posición inicial, pero si se mantiene la función de la estructura no hay lesión. Tener mucho cuidado si se aumenta más la carga o se suman los efectos, pues las alteraciones macroscópicas aparecen se llega a la fase de ruptura, en la cual solo se recuperan las propiedades mecánicas a través del proceso de inflamación/reparación.



(Pilat)

Deformación de los tendones

La curva muestra el alargamiento relativo ante la aplicación de una fuerza, observándose que a cargas bajas mayor deformación, mientras que a mayores fuerzas el tendón responde con mas rigidez, llegando a deformarse sólo un 3% durante la contracción muscular correspondiente a la primera parte de la curva (líneas punteadas) como respuesta al movimiento normal de rangos articulares. Si aumenta bastante la fuerza (cosa que podría ser incompatible con las posibilidades de deformación del músculo sin que actúe el reflejo de feedback positivo o miotático) el tendón puede deformarse un 5% a 8 % de su longitud inicial, luego entra en fase de ruptura.



Viladot

¿Qué se busca cuando se entrena la elasticidad?

En realidad, lo que se quiere lograr es a la plasticidad de las estructuras. La elasticidad de la unidad miofascial y tendinosa puede mejorarse con la aplicación de sistemas de estiramientos que busquen una deformación permanente en esas estructuras, logrando mantener la nueva longitud una vez que se retira la fuerza. Esta deformación se denomina **deformación plástica** (Creep- Fluage- Fluencia lenta- Cedencia)

Tipo de Deformación	Resistencia	Deformación del elemento	Duración
ELASTICA	ALTA	ALTA	TEMPORARIA
PLASTICA	BAJA	BAJA	DEFINITIVA

Para lograr la plasticidad como efecto permanente en la elongación hay que tener en cuenta la fuerza del estiramiento, el tiempo y el coeficiente de rigidez del tejido. Sin embargo estos parámetros no se relacionan de la misma manera. Cuanta más fuerza, mayor deformación (pero puede llegarse a niveles de máxima carga y ruptura o desencadenar el reflejo miotático de defensa). También vemos que cuanto más tiempo se aplica el estiramiento también se logra la deformación plástica. Si se aumenta el tiempo se puede disminuir la fuerza para lograr los mismos efectos. Todo esto depende de la rigidez del tejido (mayor cuanto más rico en colágeno sea), de grosor (o sección transversal) y de la longitud del músculo (cuanto más largos más se va a deformar)

$$\text{DEFORMACIÓN PLÁSTICA} = \text{Fza estiramiento} \times \text{tiempo} / \text{Coeficiente de Rigidez}$$

Factor neuromuscular

Es importante tener en cuenta que los receptores de estiramientos como el Huso Neuromuscular (HNM) de las fibras musculares (ubicado en las fibras intrafusales) pueden provocar una respuesta de feedback positivo ante el estímulo de cambios de longitud con alargamiento que llega al umbral, generando contracción del mismo músculo de dónde provino el estímulo de estiramiento y de sus sinergistas (como reflejo de protección). El dolor puede provocar también este efecto de feedback positivo, por lo que se recomienda no llegar a los niveles del umbral de estos receptores. Lo contrario sucede con el receptor ubicado en la unión miotendinosa como el Organito tendinoso de Golgi (OTG), el que responde a los cambios de tensión o activaciones del músculo, generando como respuesta un feedback negativo, relajando al músculo de dónde provino el estímulo y disminuyendo el tono muscular.

¿Por qué estimular la ELASTICIDAD Y VISCOELASTICIDAD de la UMFT?

Los sistemas de mejora de la elasticidad tendrán que responder a estos conceptos de viscoelasticidad, donde el tiempo y la velocidad de la carga serán factores importantes para lograr el efecto deseado.

Los programas de estiramientos mantienen y mejoran la elasticidad de las estructuras y contribuyen a lograr que la movilidad articular favorezca la flexibilidad.

Está comprobada la importancia de los estiramientos o elongación, con respecto a:

- ✓ que el factor mecánico influye sobre la fibra muscular y el estiramiento aumenta la tasa de síntesis proteica durante los períodos de reparación en los casos de distensiones o desgarros musculares.
- ✓ que el estiramiento pasivo previo al movimiento aumenta el reclutamiento de unidades motoras (UM) mejorando la coordinación neuromuscular y optimizando el movimiento.
- ✓ que al mejorar la elasticidad favorece el deslizamiento entre los distintos planos de tejidos, mantiene o mejora la extensibilidad de músculos y fascias, las mayores longitudes ganadas incrementan la movilidad articular, la mayor posibilidad de deformarse de las estructuras le dan más resistencia y previene lesiones.
- ✓ que mejora la amplitud del movimiento articular (ROM)
- ✓ que previene lesiones musculoesqueléticas por exceso de tensión
- ✓ que aumenta la relajación muscular favoreciendo la fluidez y coordinación del movimiento
- ✓ que disminuye la rigidez miofascial, las fibrosis y los efectos compresivos sobre las articulaciones que atraviesa
- ✓ que mejora el efecto de amortiguación al acumular más energía de tensión almacenadas por los elementos elásticos
- ✓ que evita, disminuye o retarda el dolor muscular de aparición tardía posterior a los ejercicios intensos (DOMS)

Si se respetan estos principios, los estiramientos de intensidad leve, lentos en la velocidad de aplicación de la fuerza y prolongados en el tiempo podrán revertir el ciclo dolor- contractura- acortamiento- retracciones- inmovilidad- impotencia funcional- dolor. Muchas veces el estado de activación permanente o espasmos muscular (denominado contractura) provoca compresiones sobre los vasos sanguíneos que deben aportar oxígeno al músculo y "barrer" o drenar los productos de deshecho, es así, que en muchas ocasiones también sirven para normalizar la circulación local y favorecer la reparación de los tejidos, disminuir el edema y la inflamación.