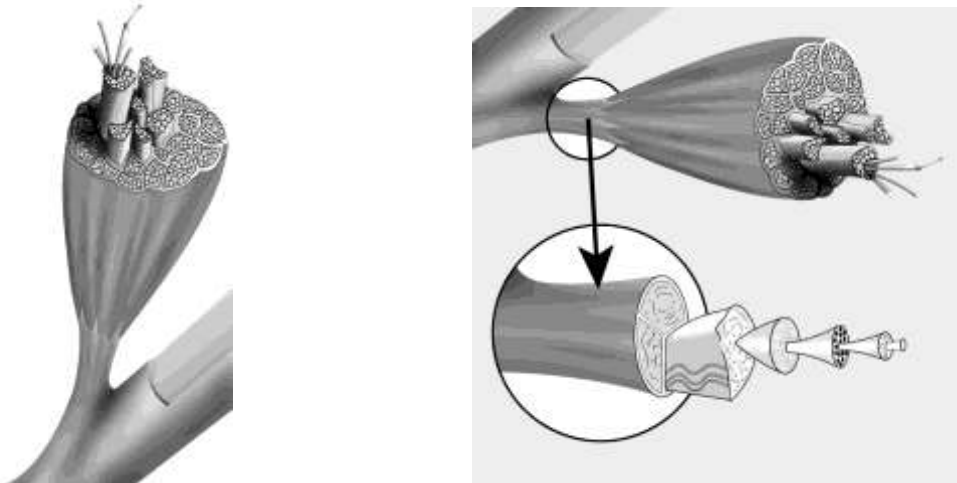


El tendón dentro de las Cadenas Miofasciales

En este artículo se continúa con el concepto de **sistema fascial** abordado en números anteriores de la revista, con la idea de continuidad y contigüidad del tejido conectivo formando las **cadenas miofasciales**, representando circuitos según la dirección y los planos por los que se propagan las fuerzas organizadoras del cuerpo y con la confirmación que estas constituyen el sustrato anatómico de las terapias de abordaje global. Myers expresa que es más importante ver a las fascias como un tejido conectivo continuo por todo el cuerpo, que une e integra las diferentes regiones. El mismo autor deja atrás la descripción de los músculos de manera independiente y los presenta como *trenes de músculos continuos*. Podemos definir las cadenas miofasciales como la expresión de la coordinación motriz, organizadas para cumplir un objetivo: tónico-estático y fásico-dinámico. En esta sucesión organizada de músculos y tejido conectivo, como fascias de inserción, se pueden mencionar también a los tendones, con una histología (microestructura) anatomía y propiedades biomecánicas específicas. Cuando se piensa en el modelo de unidad miofascial, muchos autores definen un **componente contráctil** (la miofibrilla) y dos **componentes elásticos**: uno **en paralelo** (las fascias de envoltura desde lo más microscópico a la totalidad del músculo) como el endomisio, perimisio y epimisio, y otro **componente elástico en serie** (es decir, a continuación de las fibras musculares) que involucran a **los tendones** y a **las fascias de inserción** (como se ha visto a la cintilla iliotibial o a la fascia tóracolumbar), las cuales por su dirección de las fibras podrán concentrar o distribuir la fuerza desde o hacia un punto óseo de inserción, brindando la base de la continuidad del sistema mio-fascio-tendinoso-óseo.



De manera más específica, este punto de unión se denomina **sistema entésico** y representa la zona donde la concentración de las fuerzas multidireccionales de los músculos llega a un punto de encuentro entre las estructuras duras y los tejidos blandos, encargándose de reducir la **concentración de estrés**.

La constitución histológica y anatómica del tendón se diferencia de las fascias de inserción, aunque la función es similar pues va a transmitir las fuerzas generadas por el músculo al hueso, a través del sistema entésico. Además, desde el punto de vista anatómico,

se pueden diferenciar un conjunto de **estructuras que rodean al tendón**: las vainas fibrosas, las poleas de reflexión, las vainas sinoviales, las vainas paratendinosas o paratendón y las bursas (Ippolito y Postacchini 1985).



Figura de Netter



Figura del Atlas de Yokochi

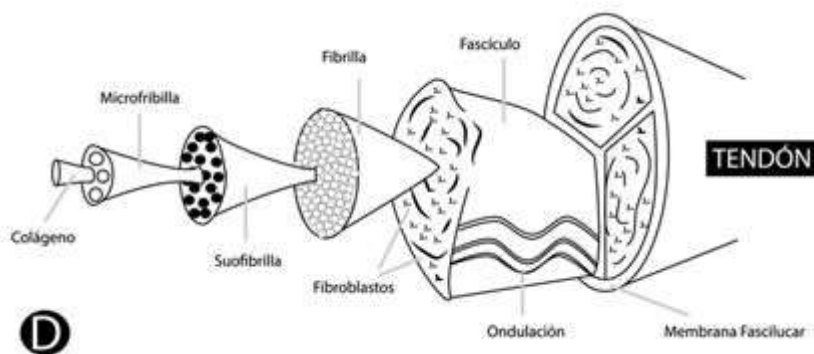
Algunos tendones están envueltos en sus vainas fibrosas, las cuales son dependencias de fascias profundas de envoltura que continúan a epimisio del músculo correspondiente, e incluso en algunos casos en los que sea necesario minimizar los efectos de fricción sobre planos óseos subyacentes, se incorporan vainas sinoviales dentro de las vainas fibrosas. Las **vainas fibrosas** constituyen retináculos que en algunas regiones conforman las llamadas “poleas anatómicas” como por ejemplo en los tendones flexores y extensores de los dedos de la mano y del pie. Algunos tendones se reflejan o se alejan de su sitio de inserción para ampliar el espacio de unión con el hueso y las estructuras vecinas a través de una **expansión fascial**. Un ejemplo de esto es la expansión aponeurótica del bíceps braquial, la cual se extiende hacia los músculos flexores del antebrazo y se mezcla con la fascia antebraquial profunda. Otros ejemplos de expansiones fasciales o aponeuróticas en el lugar de inserción serían el cuádriceps con sus expansiones por delante de la rótula, el tendón de Aquiles y su continuidad con la aponeurosis plantar.



figura de expansión aponeurótica del bíceps braquial (Netter)

Biomecánica del tendón

La **estructura del tendón** y las **propiedades mecánicas de los tendones** están interrelacionadas. La resistencia a la tensión, la viscoelasticidad y plasticidad, dependen de factores constitutivos histológicos, como la presencia de células propias llamadas tenocitos, gran densidad de haces de colágeno tipo I y tipo II paralelas entre sí con un patrón rizado, que están alineados en un eje según la dirección de las fuerzas del músculo, poca cantidad de elastina (que le brinda cierta capacidad de estiramiento y que en reposo, le brinda al tendón un patrón ondulado). En relación con otros tejidos, el tendón presenta escaso riego sanguíneo. Las sollicitudes a las cuales está sometido el tendón son tensiones y sobrecargas tanto en su **unión músculo tendinosa** como la **unión tendón-hueso o sistema entésico**. Por ello, en ambos extremos del tendón las características propias le dan mayor resistencia.

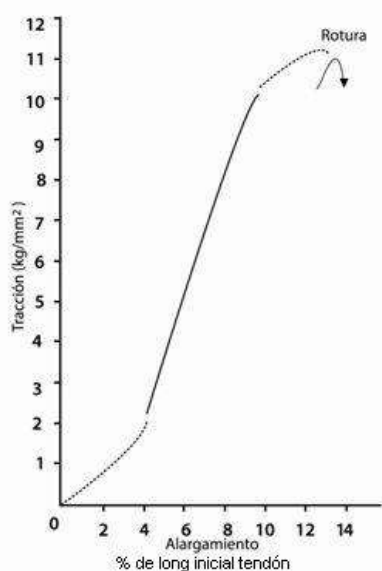


(Jurado Bueno y Medina Porqueres)

La **resistencia a la tensión** es fundamental como propiedad, pues siempre se producen esfuerzos de tracción o tensión sobre el tendón, tanto cuando el músculo se acorta en una contracción (concéntrica o excéntrica) como en la elongación del músculo. Si se representa la curva de tracción - elongación aplicada al tendón en un gráfico, se observa que la pendiente es muy vertical, lo que significa que se necesitan grandes cargas para deformarlo muy poco, en relación porcentual con la longitud de reposo. Una primera fase de la representación gráfica muestra el comportamiento elástico (la línea punteada) y se refiere al momento en que el tendón pierde su patrón rizado ante los movimientos normales de la articulación, sea por contracción muscular o por elongación pasiva generada por los músculos antagonistas o fuerzas externas. En esta fase sólo se deforma un 3% de la longitud inicial. La siguiente fase representada en el gráfico con línea continua muestra la pendiente de poca deformación, solo entre un 4% y un 8% de la longitud total pero lográndolo con la aplicación de bastante fuerza, lo que en la persona podría desencadenar un reflejo miotático de protección, por cambios de longitud y estimulación del huso neuromuscular. Pasado el 8% de deformación se llega al período plástico e inmediatamente al de ruptura.

Si se analiza la fuerza de tensión de los tendones sanos, esta aumenta durante la infancia y adolescencia y encuentra su mayor nivel entre los 25 y 35 años de vida, luego disminuye progresivamente. Durante las actividades de la vida diaria los tendones no son sollicitados más allá de la cuarta parte de su capacidad tensil y esta es máxima durante las contracciones excéntricas (es decir, cuando los músculos se contraen pero sus inserciones se alejan, también llamado "trabajo negativo")

El tendón responde **con propiedad viscoelástica**, es decir, que la deformación producida en esta estructura con poca cantidad de componente acuoso, se va a dar en función del tiempo que se sostenga la carga y la velocidad con que se aplique dicha carga. Esto permite lograr modificaciones plásticas (permanentes en el tiempo) sin necesidad de llegar a cargas elevadas, que puedan lesionar o provocar un reflejo antálgico (para escapar del dolor) o de defensa (reflejo miotático) La respuesta del tendón en función del tiempo representadas en las curvas muestran que a **cargas bajas** el tendón se elonga (se deforma) mucho más que a cargas cada vez mayores, durante las cuales el tendón se hace más rígido y sufre menos deformación. Esto puede dar un fundamento para la aplicación de técnicas o sistemas de elongación y del mantenimiento de las posturas terapéuticas en los métodos de reeducación global, ya que **bajo carga constante** (es decir no cambiar la intensidad de la fuerza) el tendón aumenta más su longitud. Y, **bajo deformación constante**, conforme pasa el tiempo se requiere menor tensión para mantener la deformación y fundamenta la suma o ganancia de deformación a través del tiempo de tratamiento y/o entrenamiento.



Curva tracción – elongación del tendón (Lieber)

En síntesis, el tendón se deforma más a cargas de baja intensidad, pues a mayores cargas se hace más rígido, lo que es una ganancia para la adaptación al exponerse a grandes esfuerzos cuando la contracción muscular mueve largos brazos de palancas, a altas velocidades y pesos considerables.

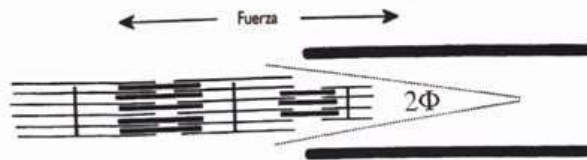
Algunos estudios relacionaron las dimensiones del tendón con las curvas de carga-deformación. Estas relaciones se graficaron respecto del grosor y la longitud de los tendones, por lo que la aplicación de la fuerza debería ser diferente según la estructura anatómica del tendón donde se va a aplicar la técnica de terapia manual específica o una técnica de elongación. Las curvas que representan la deformación de dos tendones de secciones diferentes (uno de mayor grosor y otro más delgado) sometidos a la misma carga muestran que a mayor número de fibras (mayor grosor), se necesita mayor fuerza para deformarlo, es decir que tiene mayor resistencia a la deformación que el de menor sección. Por otra parte, los efectos de la carga aplicada a dos tendones de longitudes diferentes muestran que para un tendón de longitud mayor, la

rigidez disminuye es decir que con la misma fuerza se va a deformar más el tendón más largo que el más corto.

El análisis por separado de las propiedades mecánicas de músculos, fascias y tendones tiene un valor didáctico pero alejado de la realidad. La distensibilidad tendinosa, que actúa como un “muelle”, mientras se activa un músculo y desarrolla fuerza, le permite a este último acortarse más. La magnitud de deformación del tendón dependerá de sus propiedades de sollicitación-deformación. Fukunaga et al, introdujeron la manera de medir las propiedades del músculo y del tendón de los seres humanos durante las distintas actividades, esto permitió demostrar que la distensibilidad del tendón produce un cambio sistemático en el ancho y la curva de tensión-longitud del músculo. La curva de tensión-longitud de la unión musculotendinosa no es solo la suma algebraica de las longitudes de la fibra muscular y la longitud tendinosa sino un fenómeno más complejo que permite el acortamiento de la fibra muscular a expensas del alargamiento del tendón, desviando hacia la derecha la curva tensión-longitud de la unidad musculotendinosa.

Importancia de la unión miotendinosa y osteotendinosa

Ambas uniones son sometidas a una gran tensión mecánica durante la transmisión de la fuerza del músculo al tendón y de este al hueso. En la **unión miotendinosa** (UMT entre músculo y tendón) es donde se asientan con mayor frecuencia las lesiones debido a la asimetría de la distribución de tensiones, pues la cantidad de fuerza generada por las fibras musculares es muy superior a la capacidad de absorción de las fibras tendinosas. Esta desproporción se conoce con el nombre de *efecto flecha*. Si la lesión se produce es muy importante disminuir las fuerzas sobre la zona lesionada para mejorar la cicatrización (otra justificación para intervenir mejorando las longitudes de las cadenas miofasciales y su consecuente reducción de la fuerza sobre la zona de UMT).



efecto flecha (Lieber)

En la **unión osteotendinosa** también se ejercen fuerzas de tensión importantes pero se distribuyen en cuatro fases progresivas donde la resistencia de cada una puede ir absorbiendo parte de la energía de tensión. La forma que tiene el sistema entésico para adaptarse y brindar más resistencia a la tensión en el punto de unión con el hueso es ir transformándose de manera progresiva, en cuatro capas, un tejido de menor a mayor rigidez, es decir, que del extremo tendinoso (con la constitución ya mencionada de fibras de colágeno), se comienza a depositar y entremezclar fibrocartilago, luego en el fibrocartilago comienza a ser mineralizado y por último, llega al arraigo en el tejido óseo.



Unión osteo- tendinosa

Tendinopatías o lesiones del tendón. Tendinitis o tendinosis?

Barfred (1971) sugirió seis posibles **mecanismos de lesión tendinosa**: 1) cuando se aplica una tensión a velocidad, rápidamente; 2) cuando el tendón se encuentra en tensión (o exceso de tensión por acortamientos miofasciales previos) antes de la lesión (o un traumatismo de estiramiento); 3) si el tendón sufre una tensión aplicada en sentido oblicua a su eje (por ejemplo en malas alineaciones posturales previas); 4) si el tendón está débil en relación al músculo (esto puede ser si se entrena la fuerza muscular con mucha sobrecarga, pero no se entrena el fortalecimiento del tendón de manera progresiva y proporcionada); 5) por la inervación que presenta el tendón en la unión miotendinosa (el órgano tendinoso de Golgi y otros propioceptores que pueden ser estimulados con excesos de tensión); y, 6) si el grupo muscular es estirado bruscamente por algún estímulo externo y esa fuerza se transfiere al tendón.

La **clasificación de las tendinopatías**, según el tiempo de evolución, se denominan **tendinitis** o tendinopatía aguda, cuando la evolución (desde que se produjo la lesión) no sobrepasa las 2 semanas, tendinopatía subaguda cuando la evolución transcurre entre 4 y 6 semanas y, **tendinosis** o tendinopatía crónica, cuando el tiempo desde la lesión superó las 6 semanas.

El **cuadro clínico** que corresponde con las **tendinitis** es el dolor, la inflamación, hemorragia (como respuesta vascular) en algunos casos también se acompaña de calor local y zona de “enrojecimiento”. Por lo que el tratamiento en este período agudo puede estar orientado a la aplicación de hielo local, para controlar los fenómenos vasculares de inflamación, el reposo local, los analgésicos y/o antiinflamatorios indicados y recetados por el médico, la aplicación de fisioterapia con los mismos objetivos, la terapia manual para disminuir el dolor y movilizar los líquidos extravasados (edema y/o hemorragia) y promover la reparación de los tejidos, y la aplicación de taping para evitar la sobrecarga de tensión del tendón y beneficiar los estímulos propioceptivos. En cambio, cuando la evolución sobrepasa las 6 semanas, el cuadro clínico de la **tendinosis** va tornándose hacia una fibrosis del tendón, con fenómenos de hiperplasia vascular y aumento de los fibroblastos que sintetizan más colágeno el cual se deposita de manera desorganizada, aunque el fenómeno es reparador no se orienta bien en las líneas de fuerza y el tendón no tiene la suficiente resistencia para soportar las tensiones de los músculos; en este período puede ser que no se acompañe de tanto dolor como en la etapa aguda ni de signos de inflamación. Es por ello que los objetivos terapéuticos ya no tienen relación con la aplicación de hielo, sino de calor, tanto con agentes físicos caseros como con la fisioterapia, además se tiene que orientar a “desarmar” la fibrosis y dar estímulos re-orientadores de las fibras de colágeno, con la aplicación de terapia manual, en la línea de las fuerzas del músculos para mejorar la resistencia del tendón y fortalecerlo de manera progresiva, tanto pensando localmente como en cadenas miofasciales, con activaciones excéntricas, especialmente. (Jurado Bueno y Medina Porqueres 2008)

ALTERACIONES POSTURALES Y CADENAS MIOFASCIALES

Factores asociados y predisponentes de las lesiones de los tendones

Algunos autores, describen **factores predisponentes** en las lesiones de los tendones, en particular en aquellas del miembro inferior, aunque no son excluyentes de las demás regiones corporales. Las de origen mecánico, tales como los malos alineamientos o alteraciones posturales se pueden detallar los problemas en la pronación o supinación del retropie, el pie plano o cavo, el calcáneo en varo o valgo, la tibia o la alineación de la

rodilla en varo o valgo, la rótula alta, desbalances de la cadera y de la pelvis, las diferencias de longitudes de miembros inferiores (mayores a 1 cm), la debilidad o desequilibrios musculares, la disminución de la flexibilidad y la laxitud articular.

Además, las lesiones de tendones por sobreuso o efecto acumulativo se relacionan de manera muy directa cuando se presentan algunos **factores asociados** óseos y/o falta de flexibilidad miofascial. Por ejemplo: la rótula alta, el calcáneo en valgo, la pronación del retropié, la disimetría en la longitud de los miembros inferiores y la falta de flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y/o de los isquiosurales (semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral) son factores asociados a la tendinopatía rotuliana. Las lesiones del tendón de Aquiles se pueden asociar a las rotaciones tibiales y de rodillas, pronación de retropié y/o varo o valgo del calcáneo, y con la falta de flexibilidad de los isquiosurales, del tríceps sural y/o de los músculos plantares, todas estas estructuras componen la **cadena tónica miofascial posterior**. Los factores asociados al síndrome de fricción de la banda iliotibial (o tensor de la fascia lata) contra el tubérculo del cóndilo lateral de la rodilla pueden ser el genu varo, calcáneo varo/valgo, disimetría de miembros inferiores y la falta de flexibilidad del tensor de la fascia lata o banda iliotibial. Muy relacionada con las retracciones de esta región y de la **cadena tónica miofascial lateral** de miembro inferior, se diagnostican las tendinopatías de glúteo mediano y el síndrome piriforme (síndrome piramidal). En las pubalgias (o tendinopatías del pubis), donde se combinan desbalances entre los aductores pubianos, los abdominales y los isquiosurales, la **cadena tónica miofascial anterointerna de miembro inferior** deberá ser evaluada. Y, el segmento inferior de esta cadena, muchas veces está comprometido en las tendinopatías del tibial posterior, asociados con algunos factores ya mencionado más arriba, tales como las rotaciones tibiales y de rodillas, pronación de retropié y/o varo o valgo del calcáneo, pie plano o cavo. En el caso de las tendinopatías más frecuentes del miembro superior, como por ejemplo las lesiones del manguito rotador (el más frecuente, el supraespinoso) y la porción larga del bíceps braquial que están muchas veces relacionados con el síndrome de fricción subacromial (o impingement) tiene como factor asociado las diskinesias (o mal posicionamiento escapular), las rotaciones internas de la glenohumeral y el desequilibrio muscular, evaluado de manera global en las retracciones de las **cadena tónica suspensoria y anterointerna del miembro superior**. Otras tendinopatías muy frecuentes en miembro superior son, a nivel del codo, las relacionadas a las inserciones de los músculos epicondíleos (epicondralgias laterales o llamadas epicondilitis) o epitrocleares (epicondralgias mediales) y a nivel de la muñeca, las relacionadas con los tendones del abductor largo del pulgar y el extensor corto del pulgar, como enfermedad de Quervain o tenosinovitis de Quervain.

Ante las lesiones de los tendones, en particular cuando evolucionan a cuadros crónicos o se producen por efecto acumulativo y sobreuso, el cuerpo pone en marcha mecanismos compensadores para poder continuar cumpliendo con los gestos motores, transmitiendo a través de las cadenas miofasciales tensiones y sobrecargas a distancias. Es por ello que, si se consideran los factores predisponentes y asociados mencionados, son pertinentes y justificados los abordajes a través de la aplicación de los métodos de reeducación global de la postura, tanto en el tratamiento como en la prevención de lesiones tendinosas.

La consideración de los factores mecánicos, el sobreuso y las desalineaciones o malas posiciones que llevan a los tendones a trabajar como cuerdas “fuera de su polea” provocando fricciones, tensiones, angulaciones y torsiones que los irritan, “deshilachan” e

inflaman generan lesiones tendinosas que, en muchas ocasiones, no se puede ubicar un comienzo exacto.

El objetivo intrínseco de los tratamientos de reeducación postural con abordaje global, que se basan en conceptos de continuidad de las fascias conformando las cadenas miofasciales tónicas- estáticas, es mejorar la postura, la re-alineación en las relaciones intersegmentarias de las diferentes regiones corporales y normalizar las longitudes de las estructuras que componen las cadenas miofasciales a través de posturas y aplicación de terapia manual para: disminuir las tensiones, mejorar la flexibilidad, resolver las retracciones y contracciones permanentes (espasmos y contracturas), desbloquear y favorecer la movilidad intrínseca de las articulaciones, normalizar el tono.