

La plasticidad fascial: una nueva explicación neurobiológica:

Parte 1



Robert Schleip

En la manipulación miofascial, a menudo se percibe una liberación tisular inmediata bajo la mano que trabaja. Esta sorprendente característica se ha atribuido tradicionalmente a las propiedades mecánicas del tejido conjuntivo. Sin embargo, los estudios han demostrado que se necesitarían fuerzas mucho mayores o duraciones más largas para una deformación viscoelástica permanente de la fascia. No obstante, la fascia está densamente inervada por mecanorreceptores que responden a la presión manual. Se ha demostrado que la estimulación de estos receptores sensoriales provoca una disminución del tono simpático, así como un cambio en la viscosidad local del tejido. Además, se han descubierto células musculares lisas en la fascia, que parecen estar implicadas en la contractilidad fascial activa. La fascia y el sistema nervioso autónomo parecen estar íntimamente conectados. Se sugiere un cambio de actitud en los terapeutas miofasciales desde una perspectiva mecánica hacia una inclusión de la dinámica autorreguladora del sistema nervioso. ©2003 Elsevier Science Ltd. Todos los derechos reservados.

Introducción

La fascia: ¡qué tejido tan fascinante! También conocido como tejido conectivo denso e irregular, este tejido rodea y conecta todos los músculos, incluso la miofibrilla más pequeña, y todos los órganos del cuerpo. Forma una verdadera *continuidad* en todo nuestro cuerpo. Se ha demostrado que la fascia es un elemen-

to importante en la organización de nuestra postura y movimiento. A menudo se la denomina nuestro *órgano de la forma* (Varela y Frenk 1987, Garfin et al. 1981).

Muchos enfoques de la terapia manual centran su tratamiento en la fascia. Pretenden alterar la densidad, el tono, la viscosidad o la disposición de la fascia mediante la aplicación de presión manual (Barnes 1990, Cantu y Grodin 1992, Chaitow 1980, Paoletti 1998, Rolf 1977, Ward 1993). Sus explicaciones teóricas suelen referirse a la capacidad de la fascia para adaptarse al estrés físico. La forma en que el profesional entienda la naturaleza de esta particular capacidad de respuesta de la fascia influirá, por supuesto, en el tratamiento. Desgraciadamente, a menudo se habla de la fascia sólo en términos de sus propiedades *mecánicas*. Esta serie de artículos no sólo explorará la dinámica neural que hay detrás de la plasticidad de la fascia, sino que también ofrecerá nuevas perspectivas para los métodos de tratamiento miofascial.

Robert Schleip MA

Facultad de Rolfing, Asociación Europea de Rolfing e.V., Kapuzinerstr. 2S, D-80337, Múnich, Alemania

Correspondencia con: Robert Schleip Correo electrónico: info@somatics.de

Página web: www.somatics.de

Recibido en abril de 2002

Revisado en mayo de 2002

Aceptado en junio de 2002

.....
Journal of Bodywork and Movement Therapies (2003)

7(1),11-19

©2003 Elsevier Science Ltd. Todos los derechos reservados.

doi:10.1016/S1360-8592(02)00067-0

S1360-8592/03/\$ - ver el texto de la portada

El modelo clásico de gel-sol

Muchas de las escuelas de formación actuales que se centran en el tratamiento miofascial han sido profundamente influenciadas por Rolf (1977). En su propio trabajo, Rolf aplicaba una considerable presión manual o con el codo a las láminas fasciales para cambiar su densidad y disposición. La propia explicación de Rolf fue que el tejido conectivo es una *sustancia coloidal* en la que la sustancia base puede ser influenciada por la aplicación de energía (calor o presión mecánica) para cambiar su forma agregada desde un estado de “gel” más denso a un estado de “sol” más fluido. Ejemplos típicos de ello son la gelatina común o la mantequilla, que se ablandan por calentamiento o presión mecánica.

Se ha confirmado positivamente que esta transformación de gel a sol, también llamada *tixotropía* (Juhan 1987), se produce como resultado de la aplicación de tensión mecánica a largo plazo en el tejido conectivo (Twomey y Taylor 1982).

Pero surge la pregunta: ¿es este modelo también útil para explicar la plasticidad inmediata a *corto plazo* de la fascia? En otras palabras, ¿qué ocurre realmente cuando un profesional miofascial afirma sentir una “*liberación del tejido*” bajo la mano que trabaja? En la mayoría de los sistemas de manipulación miofascial, la duración de un “trazo” o técnica individual en un punto concreto del tejido oscila entre unos segundos y un minuto y medio. Rara vez se ve a un practicante -o se le enseña- aplicar una presión manual ininterrumpida durante más de 2 minutos.

Sin embargo, a menudo los practicantes informan de que sienten una liberación de tejido palpable en un “trazo” concreto. Una transformación tisular tan rápida -es decir, de menos de 2 minutos- parece más difícil de explicar con el modelo de tixotropía. Como se mostrará más adelante, los estudios sobre el tema de la “*dependencia del tiempo y la fuerza*” de la plasticidad del tejido conectivo (en términos de fluencia y relajación de la tensión) han demostrado que se necesitan cantidades de tiempo mucho mayores o una fuerza significativamente mayor para la deformación permanente de los tejidos conectivos densos (Currier y Nelson 1992).

Además, surge el problema de la reversibilidad: en las sustancias coloidales el efecto tixotrópico dura sólo mientras se aplica la presión o el calor. En cuestión de minutos, la sustancia vuelve a su estado de gel original: piensa en la mantequilla de la cocina. Esta no es, sin

duda, una implicación atractiva de este modelo para el profesional.

La piezoelectricidad - o el cuerpo como cristal líquido

Oshman y otros han añadido la *piezoelectricidad* como una intrigante explicación de la plasticidad fascial (Oshman 2000, Athenstaedt 1974). La piezoelectricidad (es decir, la presión) existe en los cristales, en los que los centros eléctricos neutros en el interior de la red cristalina se separan temporalmente mediante presión mecánica desde el exterior y se puede detectar una pequeña carga eléctrica en la superficie. Dado que el tejido conjuntivo se comporta como un “cristal líquido” (Juhan, 1987), estos autores proponen que las células que producen y digieren las fibras de colágeno (llamadas fibroblastos y fibroclastos) podrían responder a dichas cargas eléctricas. En pocas palabras: la presión del exterior crea una mayor carga eléctrica, que estimula a los fibroblastos para que aumenten su tasa de producción de fibras de colágeno en esa zona. Además, los fibroblastos podrían tener un comportamiento selectivo para no “comer” fibras que estén cargadas eléctricamente. En pocas palabras: más tensión, más carga, más fibras. Ya se ha demostrado que existen procesos similares en la formación de hueso tras las fracturas, así como en la curación de heridas.

Sin embargo, los procesos implicados parecen requerir el tiempo como factor importante. Se ha demostrado que la vida media del colágeno no traumatizado es de 300-500 días, y la de la sustancia fundamental de 1,7-7 días (Cantu & Grodin 1992). Aunque es definiblemente concebible que la producción de ambos materiales pueda estar influenciada por la piezoelectricidad, ambos ciclos de vida parecen demasiado lentos para explicar los cambios inmediatos del tejido que son lo suficientemente significativos como para ser palpados por el profesional.

Las explicaciones tradicionales son insuficientes

Ambos modelos, la tixotropía y la piezoelectricidad, son conceptos atractivos para explicar los cambios tisulares a largo plazo. Sin embargo, parece que se necesitan modelos adicionales cuando se trata de

la plasticidad a corto plazo. Los estudios de laboratorio sobre el tema de la dependencia del tiempo y la fuerza de la plasticidad del tejido conectivo (tanto in vitro como in vivo) han mostrado los siguientes resultados: para conseguir un alargamiento permanente de las fibras de colágeno es necesario aplicar un estiramiento extremadamente fuerte del 3-8 por ciento de alargamiento de la fibra, lo que provocará un desgarro del tejido junto con una inflamación y otros efectos secundarios que suelen considerarse indeseables en una sesión miofascial.

Por ejemplo, en el caso de una banda iliotibial distal de 18 mm, ese alargamiento permanente se produce a partir de los 60 kg (Threlkeld 1992). O se necesita más de una hora (que puede tomarse en varios intervalos) con una elongación de la fibra más suave del 1-1,5%, si se quiere conseguir una deformación permanente sin desgarros ni inflamación (Currier & Nelson 1992, Threlkeld 1992).

Para la aplicación de tensiones a corto plazo, las relaciones típicas se muestran en la Fig. 1. La microfalla se ve como la rotura de algunas fibras de colágeno individuales y de algunos haces de fibras, lo que da lugar a una elongación permanente (plástica) de la estructura tisular. A esto le sigue un ciclo de inflamación y reparación del tejido. Basándose en mediciones con diferentes tipos de tejidos paraespinales, Threlkeld calcula que la microfatura se produce en torno a 224-1.136

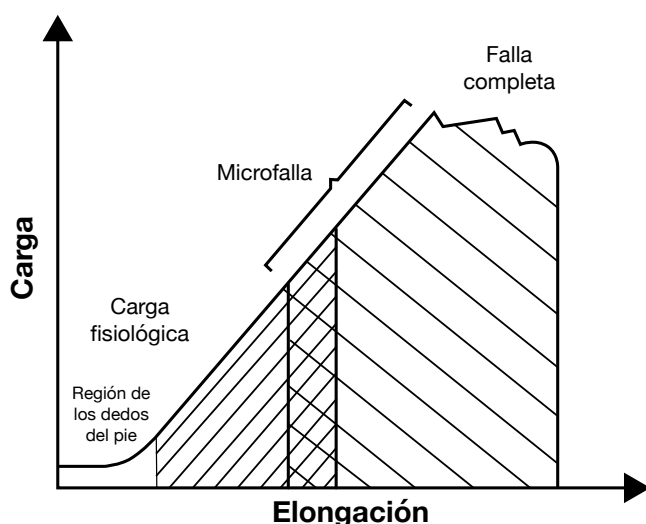


Fig. 1 Curva tensión-deformación del tejido conectivo denso. La mayoría de las fuerzas generadas durante la vida diaria cargan el tejido en la región lineal de la curva y producen un alargamiento no permanente. La microfalla con alargamiento permanente sólo se produce con cargas extremas y va acompañada de desgarros e inflamación. La región de solapamiento de la zona de microfalla con la zona de carga fisiológica varía con la densidad y la composición del tejido, pero para la mayoría de los tejidos fasciales estaría muy por encima de una carga de 20 kg (dibujo basado en Threlkeld 1992). Figura de Twyla Weixl, Munich, Alemania.

N, lo que equivale a 24-115 kg (Threlkeld 1992). Aunque las técnicas de empuje de alta velocidad podrían crear fuerzas dentro de ese rango, parece claro que las técnicas más lentas de manipulación de los tejidos blandos apenas tienen fuerza suficiente para crear la respuesta tisular descrita.

Esta investigación nos lleva a un sencillo experimento mental. En la vida cotidiana, el cuerpo se expone a menudo a una presión similar a la que se aplica en una sesión de tratamiento miofascial. Aunque el cuerpo se adapta de forma natural a la estructura del uso de los muebles a largo plazo, es imposible concebir que las adaptaciones se produzcan con tanta rapidez que cualquier distribución desigual de la carga al estar sentado (por ejemplo, mientras lees este artículo) altere de forma permanente la forma de tu pelvis en un minuto. Por lo tanto, parece esencial que encontremos modelos adicionales -además de los conceptos tixotrópico y piezoeléctrico- para dar cuenta de los cambios tisulares palpables que se producen en una sesión de tratamiento.

La necesidad de un sistema de autorregulación más rápido

Desde una perspectiva evolutiva, tiene sentido que los animales tengan un sistema de plasticidad de adaptación lenta para ajustarse a los patrones de uso a largo plazo. Además de esta capacidad, también han desarrollado un sistema más rápido de adaptación de su forma y densidad tisular local a las demandas temporales. Este sistema de regulación está abierto a la adaptación a la forma en que el animal *percibe* su interacción con el entorno. Parece lógico que esta capacidad de adaptarse más rápidamente esté mediada por -o al menos conectada con- un sistema corporal que participa en la percepción de nuestras necesidades y del entorno. Tradicionalmente, este sistema corporal se ha denominado sistema nervioso.

Por lo tanto, se sugiere que las cualidades de autorregulación del sistema nervioso del cliente deben ser incluirse en un modelo explicativo de la dinámica de la plasticidad fascial en manipulaciones miofasciales. El experimentos del autor en el tratamiento de personas anestesiadas (con resultados muy similares a los observados al tratar manualmente trozos muy frescos de carne animal) han demostrado que sin una conexión neural adecuada el tejido no responde como lo hace en circunstancias normales (Schleip 1989).

Aunque no se ha tenido muy en cuenta considerado mucho en los últimos tiempos la inclusión del sistema nervioso en el intento de sistema nervioso en el intento de comprender la capacidad de respuesta de la fascia no es un concepto nuevo, ya que el fundador de la osteopatía Andrew Taylor Still escribió hace más de un siglo.

El alma del hombre, con todas las corrientes de agua viva pura, parece habitar en la fascia de su cuerpo. Cuando tratas con la fascia, tratas y haces negocios con las sucursales del cerebro, y según la ley general de sociedades, lo mismo que el propio cerebro, y ¿por qué no tratarlo con el mismo grado de respeto? (Still 1899).

El sistema nervioso como una selva tropical húmeda

Mucha gente piensa que el sistema nervioso es un anticuado sistema de centralita telefónica de la era industrial y, por tanto, incapaz de representar procesos más finos y complejos, como la “energía vital”, etc. El lector está cordialmente invitado a considerar que éste es un modelo anticuado. Los conceptos actuales de la neurobiología ven el cerebro más bien como un *sistema principalmente líquido* en el que la dinámica fluida de una multitud de neurotransmisores líquidos e incluso gaseosos ha pasado a primer plano.

La transmisión de impulsos en nuestro sistema nervioso suele producirse a través de sustancias mensajeras que viajan por las vías neuronales, así como a través de la sangre, la linfa, el líquido cefalorraquídeo o la sustancia del suelo (Kandel 1995). Este sistema global de regulación rápida del cuerpo está inseparablemente conectado con el sistema endocrino e inmunitario. En lugar de imaginarte el sistema nervioso como un sistema de cables eléctricos (que, en opinión de muchos trabajadores corporales, es incapaz de participar en fenómenos energéticos más sutiles), imagínatelo en tu mente como una *selva tropical húmeda* (Schleip 2000). Esta selva es un campo autorregulador con una sorprendente complejidad, reorganización continua y plasticidad, incluso en los adultos.

El arco reflejo de Golgi como avance

Por desgracia, los detalles precisos de la dinámica neural de la fascia rara vez se han explorado. Cottingham (1985) presentó una propuesta que marcó un hito cuando sugirió un concepto neurofisiológico que fue adoptado rápidamente por otros autores (Ward 1993, Schleip 1989) y que se describirá aquí brevemente: Se dice que los receptores de Golgi se encuentran por todas partes en los tejidos conectivos propios y densos. Existen en los ligamentos (aquí llamados *órganos terminales de Golgi*), en las cápsulas articulares, así como alrededor de las uniones miotendinosas (aquí llamados *órganos tendinosos de Golgi*).

Estos receptores sensoriales están dispuestos en serie con las fibras fasciales y responden al estiramiento lento influenciando a las neuronas motoras alfa a través de la médula espinal para que reduzcan su tasa de descarga, es decir, para que ablanden las fibras musculares relacionados. Cottingham sugirió que durante la manipulación de los tejidos blandos -así como en las posturas de Hatha yoga y los estiramientos activos lentos- se estimulan estos receptores de Golgi, lo que da lugar a una menor tasa de descarga de las neuronas motoras alfa especificadas, que luego se traduce en una disminución del tono de los tejidos relacionados.

¡Lástima, no es un simple reflejo!

Por desgracia, investigaciones posteriores han demostrado que el estiramiento pasivo de un tejido miofascial *no* estimula los órganos tendinosos de Golgi (Jami 1992). Dicha estimulación sólo se produce cuando las fibras musculares se contraen activamente. La razón de ello radica en la disposición de los receptores tendinosos de Golgi. Están dispuestos en serie con las fibras musculares. Cuando el músculo, con su miofascia relacionada, se alarga pasivamente, la mayor parte del estiramiento será absorbido o “tragado” por el alargamiento elástico resultante de las fibras musculares. Esto es, por supuesto, diferente en las contracciones activas del cliente, en las que los órganos tendinosos de Golgi funcionan para proporcionar información de retroalimentación sobre los cambios de fuerza dinámicos durante la contracción (Lederman 1997).

Pero hay otros receptores Golgi

¿Significa esto que en el trabajo de los tejidos profundos (en el que el cliente suele ser pasivo) no interviene el bucle reflejo de Golgi? Quizás, pero no necesariamente. Estas mediciones se han realizado con movimientos pasivos de extensión articular, y aún no con la aplicación de presión tisular directa como en una manipulación miofascial.

Además, es importante tener en cuenta que sólo *menos del 10%* de los receptores de Golgi se encuentran íntegramente en el tendón. El 90% restante se localiza en las porciones musculares de las uniones miotendinosas, en las transiciones de unión de las aponeurosis, en las cápsulas, así como en los ligamentos de las articulaciones periféricas (Burke y Gandeva 1990).

Los estudios sobre la regulación fina de la antigra vedad en la postura bípeda también han revelado un nuevo papel funcional de los receptores de Golgi. Para hacer frente a los desafíos de equilibrio antigravitatorio extremo como bípedo, nuestro sistema nervioso central puede reajustar los receptores del tendón de Golgi y los arcos reflejos relacionados para que funcionen como receptores antigravitatorios muy delicados (Dietz et al. 1992). Esto explica que algunas de las reacciones de equilibrio de la pierna en bipedestación se produzcan mucho más rápido de lo que tardaría un impulso nervioso del cerebro a la pierna. En otras palabras, el papel anteriormente discutido y bien documentado de los órganos de Golgi (como mecanismo de retroalimentación sobre los cambios de fuerza dinámicos durante las contracciones activas) cubre sólo un papel funcional menor de estos órganos. Por ejemplo, se sabe poco sobre la sensibilidad y la correspondiente función refleja de los receptores de Golgi que se encuentran en los ligamentos (Chaitow 1980) o en las cápsulas articulares. Parece posible -aunque también bastante especulativo- suponer que estos receptores de Golgi, menos explorados, podrían estimularse efectivamente con algunas técnicas más potentes de tejido profundo (Tabla 1).

Y hay corpúsculos de Ruffini y Pacini

Un estudio histoquímico detallado de la fascia toracolumbar en el Instituto de Ingeniería Biomédica de

la Escuela Politécnica de Montreal reveló que está ricamente poblada de *mecanorreceptores* (Yahia et al. 1992). Los receptores intrafasciales que describieron constan de tres grupos. El primer grupo son los grandes corpúsculos Pacini y los corpúsculos Pacini-formes, ligeramente más pequeños. Los corpúsculos *Pacini*, con forma de huevo, responden a los cambios rápidos de presión (pero no a la presión constante e invariable) y a las vibraciones. Un poco más pequeños son los corpúsculos *Pacini-formes*, que tienen una función y sensibilidad similares. Un segundo grupo son los órganos de *Ruffini*, más pequeños y longitudinales, que no se adaptan tan rápidamente y, por tanto, responden también a la presión prolongada. Parece probable que los receptores pacinianos sólo se estimulen con las manipulaciones de empuje de alta velocidad, así como en las técnicas vibratorias, mientras que las terminaciones de Ruffini también se activarán con las técnicas lentas y profundas con "calidad de fusión" del tejido blando.

Ambos tipos de mecanorreceptores intrafasciales, los cuerpos Paciniano/Pacini-forme y Ruffini, se encuentran en todos los tipos de tejido conectivo propio denso, es decir, en la fascia muscular, los tendones, los ligamentos, las aponeurosis y las cápsulas articulares. En las uniones miotendinosas, los corpúsculos pacinianos son más frecuentes en el sitio tendinoso (a diferencia de los órganos tendinosos de Golgi, que son más frecuentes en el sitio muscular). También se ha demostrado que son más frecuentes en las partes más profundas de las cápsulas articulares, en los ligamentos espinales más profundos y en las fascias musculares *envolventes* como la fascia antebraquial, la crural, la abdominal o la del masetero, la lateral del muslo, en los tejidos tanto plantares como palmares y en el peritoneo (Stilwell 1957). Las terminaciones de Ruffini son especialmente densas en los tejidos asociados a un *estiramiento* regular, como la capa externa de las cápsulas articulares, la duramadre, los ligamentos de las articulaciones periféricas y la fascia dorsal profunda de la mano. En la articulación de la rodilla, las terminaciones de Ruffini son más frecuentes en las estructuras ligamentosas y capsulares anteriores y posteriores, mientras que los cuerpos pacinianos están más acumulados medial y lateralmente de la articulación (van den Berg y Capri 1999).

Es interesante señalar que las terminaciones de Ruffini responden especialmente a las *fuerzas tangenciales* y al estiramiento lateral (Kruger 1987) y que

Tabla 1 Mecanorreceptores en la fascia

Tipo de receptor	Localización habitual	Responde a	Resultados conocidos de la estimulación
Golgi Tipo Ib	<ul style="list-style-type: none"> • Uniones miotendinosas • Zonas de unión de las aponeurosis • Ligamentos de las articulaciones periféricas • Cápsulas articulares 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Órgano tendinoso de Golgi</i>: a la contracción muscular. • <i>Otros receptores de Golgi</i>: probablemente sólo al estiramiento fuerte 	Disminución del tono en las fibras motoras estriadas relacionadas
Pacini y pacini-formes Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> • Uniones miotendinosas • Capas capsulares profundas • Ligamentos de la columna vertebral • tejidos musculares envolventes 	Cambios rápidos de presión y vibraciones	Se utiliza como retroalimentación propioceptiva para el control del movimiento (sentido de la cinestesia)
Ruffini Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> • Ligamentos de las articulaciones periféricas, • Duramadre • capas capsulares externas • y otros tejidos asociados con el estiramiento regular 	<ul style="list-style-type: none"> • Como los Pacini, pero también a la presión sostenida. • Responde especialmente a las fuerzas tangenciales (estiramiento lateral) 	Inhibición de la actividad simpática
Intestinal Tipo III y IV	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de receptor más abundante. Se encuentra en casi todas partes, incluso en el interior de los huesos • Mayor densidad en el periostio 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de presión rápidos y sostenidos. • El 50% son unidades de alto umbral y el 50% de bajo umbral 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la vasodilatación • más aparentemente en la extravasación del plasma

se supone que la estimulación de los corpúsculos de Ruffini provoca una disminución de la actividad del sistema nervioso simpático (van den Berg & Capri 1999). Esto parece ajustarse al hallazgo clínico común de que las técnicas lentas de tejidos profundos tienden a tener un efecto relajante en los tejidos locales, así como en todo el organismo.

Nuestra escena de referencia

La figura 3 ilustra la dinámica de la plasticidad del tejido neural a este nivel. Se sugiere utilizar la siguiente escena como punto de referencia para este artículo. Imagina a un profesional trabajando lentamente con el tejido conjuntivo alrededor del *tobillo lateral*, en una zona sin fibras musculares estriadas. (La elección de esta escena de referencia nos permite centrarnos únicamente en la dinámica intrafascial y, a efectos de este artículo, ignorar la estimulación de los mecanorreceptores intramusculares y otros efectos que intervendrían en el análisis de muchas otras situaciones de trabajo miofascial). Si ese profesional informa de una “liberación tisular”, ¿qué ha ocurrido? Posiblemente, el toque manual ha estimulado algunas terminaciones de Ruffini que, a su vez, han desencadenado que el sistema nervioso central cambie el tono de algunas unidades motoras del tejido muscular que está conectado mecánicamente con el tejido bajo la mano del practicante.

Un universo desconocido dentro de nosotros

Para hablar del tercer grupo de mecanorreceptores intrafasciales descritos por Yahia y sus colegas en Montreal, es necesario hacer una pequeña excursión. A mucha gente le suele sorprender saber que nuestro *órgano sensorial más rico y grande* no son los ojos, los oídos, la piel o el sistema vestibular sino que son nuestros músculos con su fascia relacionada. Nuestro sistema nervioso central recibe su mayor cantidad de nervios sensoriales de nuestros tejidos miofasciales. Sin embargo, la mayoría de estas neuronas sensoriales son tan pequeñas que hasta hace poco se sabía poco sobre ellas (Engeln 1994).

Si se estudia un nervio muscular típico (por ejemplo, el nervio tibial), consta de casi tres veces más fibras sensoriales que fibras motoras.

Esto apunta al fascinante principio de que el refinamiento sensorial parece ser mucho más importante que la organización motora. Sin embargo, no nos distraigamos con esto. Mientras que muchos de las fibras nerviosas de un nervio motor típico tienen una función vasomotora, que regula el flujo sanguíneo, el mayor grupo de fibras son los *nervios sensoriales*. Ahora viene el punto realmente interesante: de estos nervios sensoriales sólo una pequeña fracción, o el 20%, pertenece a los conocidos tipos I y II de nervios que se originan en los husos musculares, los órganos de

Golgi, los corpúsculos de Pacini y las terminaciones de Ruffini (véase la Fig. 2). La mayoría, es decir, cuatro veces más, pertenecen a un interesante grupo de nervios sensoriales de *tipo III y IV* que apenas se mencionan en la mayoría de los libros de texto (Mitchell & Schmidt 1977).

¿Qué sabemos de esta red oculta?

Estas neuronas ocultas tienen un diámetro mucho menor y ahora se denominan comúnmente *receptores musculares intersticiales*. Un nombre mejor sería *receptores intersticiales del tejido miofascial*, ya que también existen en abundancia en la fascia. Una minoría de estos nervios está cubierta por una vaina de mielina muy fina (tipo III), pero el 90% de estos nervios no están mielinizados (tipo IV). Estos receptores intersticiales son más lentos que los nervios de tipo I y II y la mayoría de ellos se originan en *terminaciones nerviosas libres*.

En el pasado se suponía que estas terminaciones nerviosas eran principalmente receptores del dolor. También se ha demostrado que algunos están implicados en la termo o quimiocepción. Aunque muchos de estos receptores son multimodales, las investigaciones han demostrado que la mayoría de estos receptores intersticiales funcionan de hecho como *mecanorreceptores*, lo que significa que responden a la tensión mecánica y/o a la presión (Mitchell & Schmitt 1977).

Este gran grupo de mecanorreceptores intersticiales puede dividirse a su vez en dos subgrupos de igual

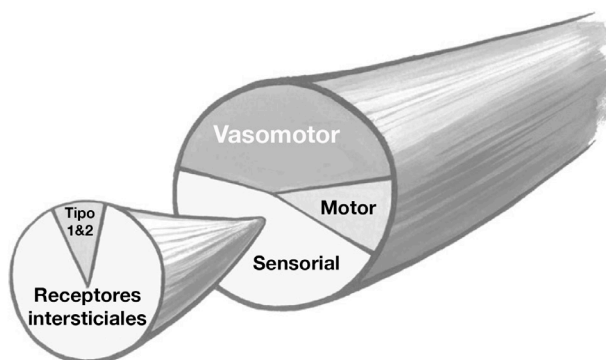


Fig. 2 En un nervio muscular típico hay casi tres veces más neuronas sensoriales que motoras. Observa que sólo una pequeña parte de la información sensorial procede de las aferentes de tipo I y II, que se originan en los husos musculares, los receptores de Golgi y las terminaciones Pacini y Ruffini. La mayor parte de la entrada sensorial procede del grupo de aferentes de tipo III y IV o receptores intersticiales, que están íntimamente relacionados con el sistema nervioso autónomo. Figura de Twyla Weixl, Munich, Alemania.

tamaño: unidades de presión de bajo umbral (unidades LTP) y unidades de alto umbral (HTP). Un estudio del tendón de Aquiles de los gatos reveló que aproximadamente la mitad de las terminaciones de los tipos III y IV encontradas eran unidades LTP y respondían al tacto ligero, incluso a un toque tan ligero como “*con un pincel de pintor*” (Mitchell & Schmidt 1977). Basándonos en este último hallazgo, ¿no parece posible -incluso probable- que la manipulación de los tejidos blandos implique la estimulación de los receptores de tipo III y IV?

Recientes conocimientos sobre la fisiología del dolor han demostrado que varios receptores tisulares intersticiales funcionan como mecanorreceptores (normalmente como unidades HPT) y como receptores del dolor. En presencia del dolor -y con el apoyo de varios neuropéptidos-, su sensibilidad cambia de tal manera que los cambios fisiológicos normales de presión suelen provocar una descarga fuerte y crónica de estos receptores. Esto explica por qué la investigación actual ha revelado que el dolor existe a menudo sin ninguna irritación mecánica de las estructuras nerviosas, como se suponía frecuentemente en el modelo de compresión radicular (Chaitow y DeLany 2000).

¿Qué están haciendo?

Por supuesto, esto desencadena la pregunta sobre el papel funcional natural de los mecanorreceptores intersticiales en el cuerpo. ¿Qué consecuencias o reacciones regulares se han asociado a la excitación de esta oculta y rica red sensorial? Por supuesto, algunos de ellos funcionan como receptores del dolor. En 1974, un estudio japonés ya reveló que los receptores de tipo III y IV de la fascia de los músculos temporal, masetero e infrahioideo muestran “*respuestas al movimiento mandibular y al estiramiento de la fascia y la piel*”, por lo que se sugirió que estas terminaciones nerviosas están relacionadas “*con la sensación de posición y movimiento de la mandíbula*” (Sakada 1974).

Además, se ha demostrado que la mayoría de estos mecanorreceptores de tipo III y IV tienen *funciones autonómicas*, es decir, que la estimulación de sus terminaciones sensoriales provoca un cambio en la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la respiración, etc. La estimulación de los receptores de tipo IV tiende a aumentar la presión arterial (Coote y Pérez-González 1970), mientras que la estimulación de los receptores

de tipo III puede tanto aumentar como disminuir la presión arterial. Varios estudios han demostrado que un aumento de la presión estática sobre los músculos tiende a reducir la presión arterial (Mitchell & Schmitt 1977). Parece que una de las principales funciones de esta intrincada red de receptores del tejido intersticial es afinar la regulación del sistema nervioso del flujo sanguíneo según las demandas locales, y que esto se hace a través de conexiones muy estrechas con el sistema nervioso autónomo.

Investigación táctil con gatos y humanos

Basándonos en estas investigaciones, no debería sorprendernos que se haya demostrado que una presión profunda y lenta sobre el tejido blando de los gatos provoca una reducción del tono muscular medida por la actividad EMG (Johansson 1962) y que las caricias lentas en la espalda de los gatos producen una reducción de la temperatura de la piel, así como signos de inhibición del sistema motor gamma (von Euler y Soderberg 1958).

Además, se ha demostrado que la presión mecánica profunda en la *región abdominal* humana (Folkow 1962), así como la presión sostenida en la pelvis (Kozumi & Brooks 1972), produce respuestas reflejas parasimpáticas, incluyendo patrones corticales sincronizados de EEG, un aumento de la actividad en las fibras vagales y una disminución de la actividad EMG.

Según el modelo de estados de sintonía hipotalámica de Ernst Gellhorn, un aumento del tono vagal no sólo desencadena cambios en el sistema nervioso autónomo y los órganos internos relacionados, sino que también tiende a activar el lóbulo anterior del hipotálamo. Esta "*sintonía trofotrópica*" del hipotálamo induce entonces un menor tono muscular general, una actividad emocional más tranquila y un aumento de la actividad cortical sincrónica, tanto en los gatos como en los humanos (Gellhorn 1967). Por lo tanto, parece que la presión manual profunda -especialmente si es lenta o constante- estimula los mecanorreceptores intersticiales y de Ruffini, lo que provoca un aumento de la actividad vagal, que luego cambia no sólo la dinámica local de los fluidos y el metabolismo de los tejidos, sino que también provoca una relajación muscular global, así como una mente más tranquila y una menor excitación emocional.

Por otra parte, se ha demostrado que una presión táctil profunda y repentina o un pellizco u otro tipo de manipulaciones fuertes y rápidas inducen una contracción general de los músculos esqueléticos (Eble 1960), en particular de los "músculos flexores genéticos" (Schleip 1993) que están inervados a través de una rama primaria ventral desde la médula espinal.

Hablar con el cerebro del vientre

Se han encontrado mecanorreceptores en abundancia en los ligamentos viscerales, así como en la duramadre de la médula espinal y el cráneo. Parece bastante plausible que la mayoría de los efectos de la osteopatía visceral o craneosacral puedan explicarse suficientemente por una simulación de los mecanorreceptores con los consiguientes cambios autonómicos profundos, y que por tanto no sea necesario basarse en supuestos más *esotéricos* (Arbuckle 1994).

Los recientes descubrimientos sobre la riqueza del *sistema nervioso entérico* (Gershon 1999) nos han enseñado que nuestro "cerebro del vientre" contiene más de 100 millones de neuronas y funciona en gran medida de forma independiente del cerebro cortical. Es interesante observar que la pequeñísima conexión entre estos dos cerebros, de unos pocos miles de neuronas, consta de nueve veces más neuronas implicadas en procesos en los que el cerebro inferior le dice al superior lo que debe hacer, en comparación con el número de neuronas implicadas en la dirección descendente. Muchas de las neuronas sensoriales del cerebro entérico son mecanorreceptores, que -si se activan- desencadenan, entre otras respuestas, importantes cambios *neuroendocrinos*. Estos incluyen un cambio en la producción de *serotonina* -un importante neurotransmisor cortical que se crea en un 90% en el vientre- así como otros neuropéptidos, como la *histamina* (que aumenta los procesos inflamatorios).

¿Qué hacemos?

La manipulación miofascial implica una estimulación de los mecanorreceptores intrafasciales. Su estimulación conduce a una alteración de la entrada propioceptiva al sistema nervioso central, que a su vez da lugar a un cambio en la regulación del tono de las unidades motoras asociadas a este tejido (Fig. 3). En

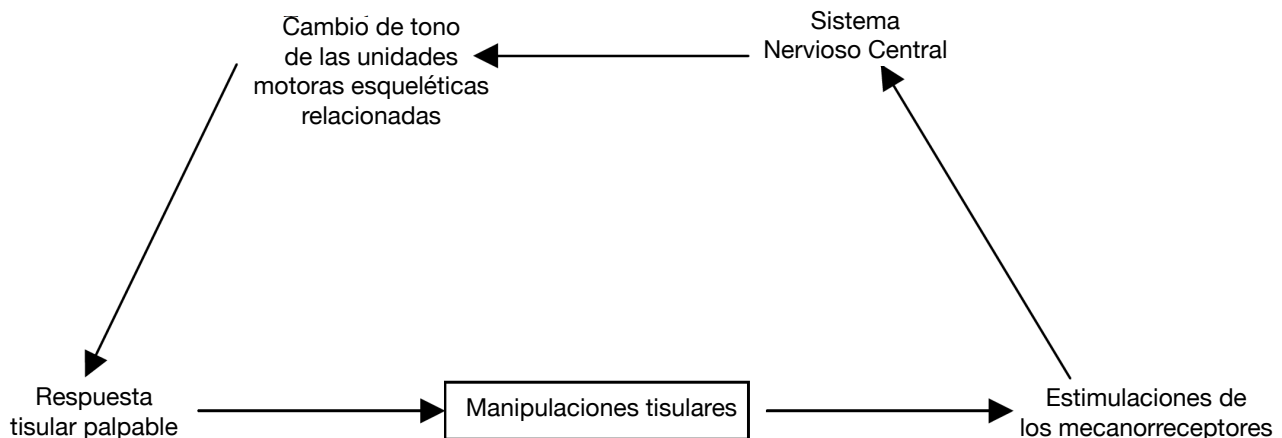


Fig. 3 El "bucle del sistema nervioso central" (inspirado en Cottingham). La estimulación de los mecanorreceptores conduce a una disminución del tono de las unidades motoras esqueléticas que están vinculadas mecánicamente con el tejido bajo la mano del practicante. Los mecanorreceptores intrafasciales implicados son probablemente las terminaciones de Ruffini, los corpúsculos pacinianos (con manipulaciones más rápidas), algunos de los receptores intersticiales, además de posiblemente algunos receptores Golgi intrafasciales.

el caso de una presión profunda lenta, los mecanorreceptores relacionados son probablemente las terminaciones de Ruffini de adaptación lenta y algunos de los receptores intersticiales; sin embargo, también podrían estar implicados otros receptores (por ejemplo, los receptores del huso en las fibras musculares afectadas cercanos y posiblemente algunos receptores Golgi intrafasciales).

Las mediciones de los mecanorreceptores de los ligamentos de la articulación de la rodilla han demostrado que su estimulación provoca débiles efectos en las motoneuronas alfa, pero potentes cambios en las motoneuronas gamma. Esto significa que estos mecanorreceptores ligamentosos se utilizan probablemente como retroalimentación propioceptiva para la regulación preparatoria (preprogramación) del tono muscular alrededor de esta articulación (Johansson et al. 1991). Para los profesionales de la terapia miofascial, ésta es una noticia fascinante, ya que sugiere que la estimulación de los mecanorreceptores fasciales puede conducir principalmente a cambios en la regulación del tono motor gamma. Aunque el sistema motor alfa y el gamma suelen estar coactivados, existen algunas diferencias importantes entre ellos. El sistema alfa se origina principalmente en el córtex, y está especialmente implicado en los movimientos volitivos y precisos de las extremidades, mientras que el sistema gamma se origina en estructuras más antiguas del tronco cerebral y desempeña un papel importante en la organización postural más global e inconsciente de los músculos antigravitatorios-extensores y en las actitudes múscu-

lo-emocionales crónicas (Glaser 1980, Henatsch 1976, Juhan 1987).

Ningún músculo es una unidad funcional

Al hablar de cualquier cambio en la organización motora, es importante darse cuenta de que el sistema nervioso central no opera "en los músculos", es decir, que un músculo nunca se activa en su totalidad. Las unidades funcionales del sistema motor son las llamadas *unidades motoras*, de las que tenemos varios millones en nuestro cuerpo, como un banco de peces que han aprendido a nadar juntos. Dependiendo de la calidad de la retroalimentación sensorial, estos millones de unidades motoras pueden regularse individualmente (Basmajian y De Luca 1985). Ahora podemos aplicar esta comprensión a nuestra escena de referencia, en la que un practicante está trabajando en el tejido conectivo alrededor del tobillo lateral. Cuando el practicante informa de una liberación del tejido, puede ser que esté causada por una disminución de la frecuencia de resonancia de sólo unos pocos peces (unidades motoras) en las proximidades, y que este movimiento se transmita al tejido bajo la mano del practicante. Si el practicante siente entonces el cambio y responde de forma solidaria hacia estos peces concretos, otros peces pueden seguir pronto la nueva dirección, lo que, por supuesto, conduce a otras "sensaciones de liberación" para el practicante, y así sucesivamente (Fig. 4).

Conclusión

La plasticidad inmediata de la fascia no puede entenderse sólo por sus propiedades mecánicas. La fascia está densamente innervada por mecanorreceptores. La estimulación manual de estas terminaciones sensoriales probablemente provoque cambios de tono en las unidades motoras que están vinculadas mecánicamente al tejido bajo la mano del practicante. Al menos algunas de estas respuestas están reguladas principalmente por un cambio en el tono motor gamma, más que en el sistema motor alfa, más volitivo. Son de especial interés los órganos de Ruffini (con su gran capacidad de respuesta a la presión tangencial) y la riquísima red de receptores intersticiales, ya que la estimulación de ambos receptores puede desencadenar profundos cambios en el sistema nervioso autónomo. La segunda parte de esta serie de artículos incluirá el descubrimiento y la función de las células musculares lisas intrafasciales. Mostrará cómo los mecanorreceptores fasciales pueden desencadenar cambios inmediatos en la viscosidad de la sustancia del suelo, y cómo la fibromialgia podría estar relacionada con todo ello. Se darán varias aplicaciones prácticas para el profesional.

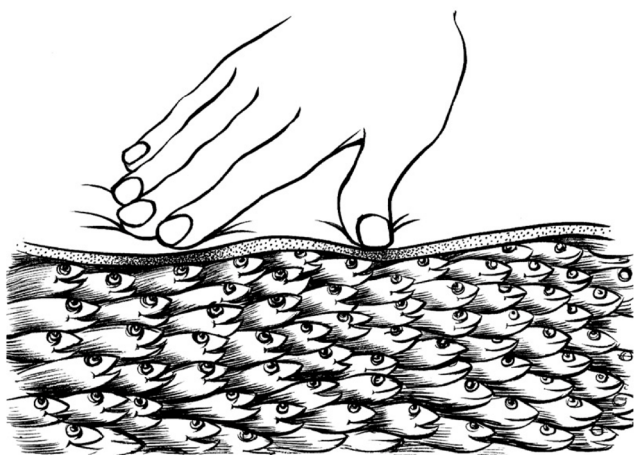


Fig. 4 El tejido miofascial es un banco de peces. Un profesional que trabaja con el tejido miofascial puede sentir que varias de las unidades motoras responden al tacto. Si el practicante responde entonces con apoyo a su nuevo comportamiento, la mano que trabaja pronto sentirá cómo se unen otros peces, y así sucesivamente. Figura de Twyla Weixl, Munich, Alemania.

REFERENCIAS

- Arbuckle BE 1994 Selected Writings. Indianapolis American Academy of Osteopathy
- Athenstaedt H 1974 Pyroelectric and piezoelectric properties of vertebrates. *Annals of the New York Academy of Sciences* 238: 68–110
- Barnes JF 1990 *Myofascial Release: The Search of Excellence*. Rehabilitation Services Inc., Paoli, PA, Medicine, W.B. Saunders Co.
- Basmajian JV, De Luca C 1985 *Muscles Alive – Their Functions Revealed by Electromyography*. Williams & Wilkins, Baltimore
- Burke D, Gandeva SC 1990 Peripheral motor system, In: Paxinos G (ed). *The Human Nervous System Vol. 1: Academic Press, San Diego*, p 133
- Cantu RI, Grodin AJ 1992 *Myofascial Manipulation – Theory and Clinical Application*. Aspen Publication, Gaithersburg, MD
- Chaitow L 1980 *Soft Tissue Manipulation*. Thorsons, Wellingborough
- Chaitow L, DeLany JW 2000 *Clinical Application of Neuromuscular Techniques, Vol. 1*. Churchill Livingstone, Edinburgh
- Cottingham JT 1985 *Healing through Touch – A History and a Review of the Physiological Evidence*. Rolf Institute Publications, Boulder, CO
- Coote JH, Pérez-González JF 1970 The response of some sympathetic neurons to volleys in various afferent nerves. *Journal of Physiology London* 208: 261–278
- Currier DP, Nelson RM 1992 *Dynamics of Human Biologic Tissues*. F.A. Davis Company, Philadelphia
- Dietz V et al. 1992 Regulation of bipedal stance: dependency on 'load' receptors. *Experimental Brain Research* 89: 229–231
- Eble JN 1960 Patterns of response of the paravertebral musculature to visceral stimuli. *American Journal of Physiology* 198: 429–433
- Engeln H 1994 *Konzert der Muskeln und Sinne*. GEO Wissen May: 90–97
- Folkow B 1962 Cardiovascular reactions during abdominal surgery. *Annals of Surgery* 156: 905–913
- Garfin SR et al. 1981 Role of fascia in maintenance of muscle tension and pressure. *Journal of Applied Physiology* 51(2): 317–320
- Gellhorn E 1967 *Principles of Autonomic– Somatic Integration: Physiological Basis and Psychological and Clinical Implications*. University of Minesota Press, Minneapolis, MN

- Gershon MD 1999 *The Second Brain*. Harper-Collins, New York
- Glaser V 1980 *Eutonie*. Karl F. Haug Verlag, Heidelberg
- Henatsch H-D 1976 Bauplan der peripheren und zentralen sensomotorischen Kontrollen. In: *Physiologie des Menschen*, Vol. 14. Urban & Schwarzenberg München
- Heppelman B et al. 1995 Fine sensory innervation of the knee joint capsule by group III and group IV nerve fibers in the cat. *Journal of Comparative Neurology* 251: 415–428
- Jami L 1992 Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central actions. *Physiological Reviews* 73(3): 623–666
- Johansson B 1962 Circulatory response to stimulation of somatic afferents. *Acta Physiologica Scandinavica* 62 (Suppl. 198): 1–92
- Johansson H et al. 1991 Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. *Critical Reviews in Biomedical Engineering* 18(5): 341–368
- Juhan D 1987 *Job's Body*. Station Hill Press, Barrytown, NY
- Kandel ER 1995 *Essentials of neural science and behavior*. Appleton & Lange, New York
- Koizumi K, Brooks C 1972 The integration of autonomic system reactions: a discussion of autonomic reflexes, their control and their association with somatic reactions. *Ergebnisse der Physiologie* 67: 1–68
- Kruger L 1987 Cutaneous sensory system. In: Adelman G (ed.). *Encyclopedia of Neuroscience*: Vol. 1 pp 293–294
- Lederman E 1997 *Fundamentals of Manual Therapy*. Churchill Livingstone, Edinburgh
- Mitchell JH, Schmidt RF 1977 Cardiovascular reflex control by afferent fibers from skeletal muscle receptors. In: Shepherd JT et al. (eds). *Handbook of Physiology*, Sect. 2, Vol. III, Part 2. American Physiological Society Bethesda, MA, pp 623–658
- Oshman JL 2000 *Energy Medicine*. Churchill Livingstone, Edinburgh
- Paoletti S 1998 *Les Fascias – Role des Tissus dans la Mécanique Humaine*. Le Prisme, Vannes cedex, France
- Pongratz D, Spath M 2001 Fibromyalgia. *Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie* 69(4): 189–193
- Price JM et al. 1981 *Biomechanics. Mechanical Properties of Living Tissues*. Springer Verlag, New York, pp 371–379
- Rolf IP 1977 *Rolfing: The Integration of Human Structures*. Dennis Landman, Santa Monica
- Sakada S 1974 Mechanoreceptors in fascia, periosteum and periodontal ligament. *Bulletin of the Tokyo Medical and Dental University* 21 (Suppl.): 11–13
- Schleip R 1989 A new explanation of the effect of Rolfing. *Rolf Lines* 15(1): 18–20
- Schleip R 1993 Primary reflexes and structural typology. *Rolf Lines* 21(3): 37–47
- Schleip R 2000 Lichtblicke im Dschungel der Gehirnforschung. *FeldenkraisZEIT* 1: 47–56
- Still AT 1899 *Philosophy of Osteopathy*. Academy of Osteopathy, Kirksville, MO
- Stilwell D 1957 Regional variations in the innervation of deep fasciae and aponeuroses. *The Anatomical Record* 127(4): 635–653
- Threlkeld AS 1992 The effects of manual therapy on connective tissue. *Physical Therapy* 72(12): 893–901
- Twomey L, Taylor J 1982 Flexion, creep, dysfunction and hysteresis in the lumbar vertebral column. *Spine* 7(2): 116–122
- Van den Berg F, Cabri J 1999 *Angewandte Physiologie – Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Germany
- Varela FJ, Frenk S 1987 The organ of form: towards a theory of biological shape. *Journal of Social Biology and Structure* 10: 73–83
- Von Euler C, Soderberg V 1958 Co-ordinated changes in temperature thresholds for thermoregulatory reflexes. *Acta Physiologica Scandinavica* 42: 112–129
- Ward RC 1993 Myofascial release concepts. In: Basmajian V, Nyberg R (eds). *Rational Manual Therapies*. Williams & Wilkins, Baltimore, MD
- Yahia L et al. 1992 Sensory innervation of human thoracolumbar fascia. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 63(2):195–197

