

La plasticidad fascial: una nueva explicación neurobiológica:

Parte 2



Robert Schleip

Resumen

La parte 1 de este artículo en dos partes demostró que la capacidad de respuesta inmediata de la fascia a la manipulación no puede explicarse únicamente por sus propiedades mecánicas. La fascia está densamente inervada por mecanorreceptores que responden a la manipulación miofascial. Están íntimamente conectados con el sistema nervioso central y especialmente con el sistema nervioso autónomo. La segunda parte del artículo muestra cómo la estimulación de estos receptores puede desencadenar cambios de viscosidad en la sustancia del suelo. El descubrimiento y las implicaciones de la existencia de células musculares lisas fasciales son de especial interés en relación con la fibromialgia, entre otras afecciones. Se sugiere un cambio de actitud, desde un concepto de cuerpo mecánico hacia un modelo cibernético, en el que la intervención del profesional se considera una estimulación de los procesos de autorregulación dentro del organismo del cliente. Se explorarán las implicaciones prácticas de este enfoque en la manipulación miofascial. © 2003 Elsevier Science Ltd. Todos los derechos reservados.

Introducción

La parte 1 de este artículo mostró que la capacidad de respuesta de la fascia no puede explicarse únicamente por sus propiedades mecánicas. La fascia está poblada por una densa red de mecanorreceptores. La mayoría de las terminaciones nerviosas sensoriales de la fascia que son estimuladas por la manipulación de

la misma son receptores intersticiales (tipo III y IV) que han demostrado inducir un cambio en la vasodilatación local. El grupo adicional de receptores pacinianos parece estar implicado en la manipulación de alta velocidad, mientras que las terminaciones de Ruffini se estimulan sobre todo con técnicas de presión profunda lenta, especialmente si implican fuerzas tangenciales, es decir, estiramiento lateral (Kruger 1987).

La estimulación de los mecanorreceptores fasciales provoca cambios en el tono muscular que proceden principalmente de un reajuste del sistema motor gamma, más que de la coordinación motora alfa más volitiva. Además, la estimulación de los órganos Ruffini, así como de muchos de los receptores intersticiales, afecta al sistema nervioso autónomo, lo que puede dar lugar a una disminución del tono simpático o a cambios en la vasodilatación local. La segunda parte de este artículo explorará otras implicaciones y aplicaciones prácticas de esta orientación neurobiológica.

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(2),104-116

©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

Los mecanorreceptores influyen en la dinámica local de los fluidos

Veamos ahora otros efectos del trabajo miofascial. El gran grupo de receptores intersticiales constituye la mayor parte de la entrada sensorial del tejido miofascial. Su activación hace que el sistema nervioso autónomo modifique la presión local en las arteriolas y capilares de la fascia.

Además, la estimulación de las terminaciones del Ruffini parece tener un efecto similar en cuanto a la disminución de la actividad simpática (van den Berg y Cabri 1999).

Según Kruger, muchos de las fibras intersticiales -si se estimulan fuertemente- pueden aparentemente también influir en la *extravasación de plasma*, es decir, en la extrusión de plasma de los vasos sanguíneos a la matriz de fluido intersticial (Kruger 1987). Este cambio de la dinámica local del fluido supone un cambio en la viscosidad de la matriz extracelular. Esto se remonta al concepto de gel a sol originalmente propuesto por Ida Rolf (Rolf 1977), aunque esta vez con la inclusión del sistema nervioso del cliente. También apoya la suposición de Mark F. Barnes de que la manipulación miofascial podría implicar un *cambio del sistema de regulación de la sustancia fundamental*, que según Pischinger se define como una unidad funcional de vías vasculares finales, células del tejido conectivo y neuronas vegetativas finales (Pischinger 1991, Barnes

1997). Con el aumento de la velocidad de renovación de la sustancia básica, también parece más probable que el modelo piezoeléctrico que se exploró en la Parte 1 pueda desempeñar un papel en la plasticidad tisular inmediata.

Si la manipulación miofascial afecta tanto a la irrigación sanguínea local como a la viscosidad del tejido local, es bastante concebible que estos cambios tisulares puedan ser lo suficientemente rápidos y significativos como para ser percibidos por la mano que escucha de los practicantes sensibles. Este primer bucle de retroalimentación autónoma, denominado aquí "*Bucle de Circulación Intrafascial*" - se basa en el trabajo de Mitchell y Schmidt (1977) y se ilustra en la Fig. 1.

Cambios en la sintonización hipotálamica

Existe un segundo bucle de retroalimentación autónoma. Los mecanorreceptores intersticiales pueden desencadenar un aumento del *tono vagal* que conduce a una sintonización más *trofotrópica* del hipotálamo. Según Gellhorn (1967), esto da lugar a cambios globales neuromusculares, emocionales, corticales y endocrinos que se asocian a una relajación profunda y saludable (véase el párrafo "*Investigación del tacto con gatos y humanos*" en la Parte 1). Este *bucle del hipotálamo* se ilustra en la Fig. 2.

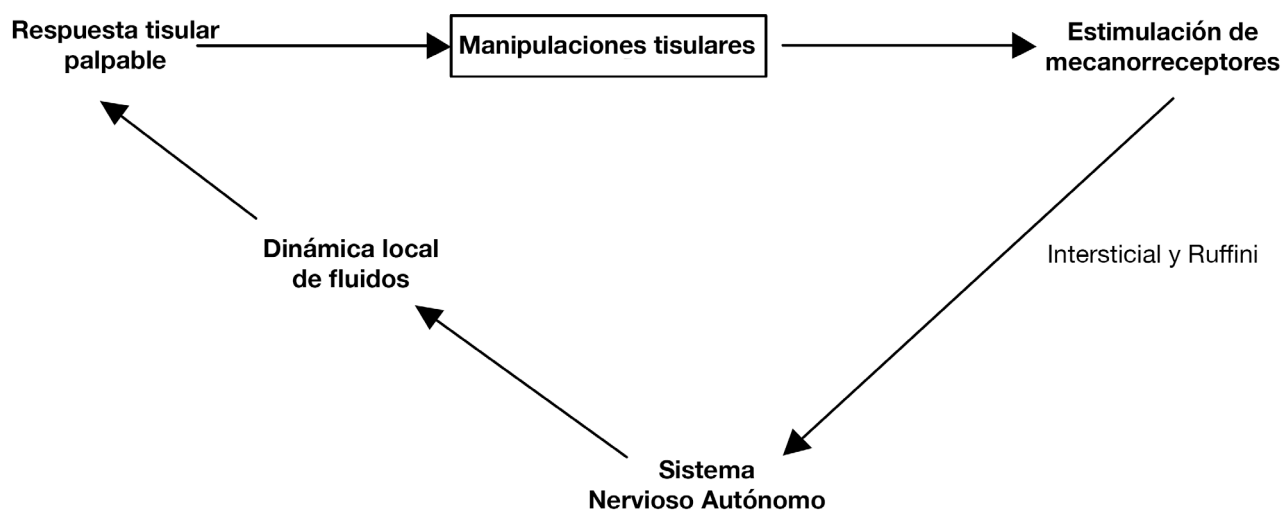


Fig. 1 El "*Bucle de Circulación Intrafascial*" (basado en Mitchell & Schmid 1977). La fascia está densamente inervada por receptores tisulares intersticiales. El sistema nervioso autónomo utiliza su entrada (más la de algunas terminaciones de Ruffini) para regular la dinámica local de los líquidos en términos de una alteración de la presión sanguínea en las arteriolas y capilares locales, además de la extravasación de plasma y la viscosidad del tejido local. Este cambio podría ser percibido por la mano de un profesional sensible.

La fascia es capaz de contraerse espontáneamente

Yahia y su equipo de Montreal -después de realizar el estudio sobre la inervación sensorial de la fascia que se comentó en la Parte 1- también llevaron a cabo un fascinante estudio sobre las propiedades viscoelásticas de la fascia lumbodorsal (Yahia et al.1993). Al realizar varias pruebas repetidas con cargas de tracción dinámicas y estáticas en trozos frescos de fascia lumbodorsal procedentes de cadáveres, sus hallazgos corroboraron los conocidos fenómenos viscoelásticos dependientes de la fuerza y el tiempo que ya han descrito otros investigadores: fluencia, histéresis y relajación de la tensión (Chaitow y DeLany 2000). Sin embargo, también describieron por primera vez un nuevo fenómeno, que denominaron *contracción del ligamento*. Cuando se estiraban y se mantenían a una longitud constante repetidamente, los tejidos empezaban a aumentar lentamente su resistencia (Tabla 1).

Como nadie había descrito antes esa contracción espontánea del tejido conectivo, realizaron repetidas pruebas con diferentes temperaturas, soluciones y humedad, todas ellas con resultados similares. Después de descartar cuidadosamente la posibilidad de un artefacto experimental, Yahia y sus colaboradores concluyeron finalmente:

Una posible explicación de la contracción de la fascia mantenida en condiciones isométricas podría ser la intrusión de fibras musculares en la fascia lumbodorsal. De hecho,

muchos músculos viscerales tienen la capacidad de contraerse espontáneamente. Price et al. (1981) demostraron que los músculos intestinales mantenidos en tensión e isométricos sufren una relajación seguida de una contracción. Para probar estos especímenes en un estado relajado (sin contracción espontánea), utilizaron diversas técnicas para suprimir la actividad espontánea, entre ellas el uso de epinefrina. Por lo tanto, sería deseable un estudio histológico de la fascia lumbodorsal para evaluar si los músculos desempeñan un papel en la contracción observada (Yahia et al. 1993).

El descubrimiento de las células musculares lisas de la fascia

Unos años más tarde, en 1996, un profesor de anatomía alemán, Staubesand, publicó un nuevo e interesante trabajo. Él y su colaborador chino Li estudiaron la fascia crural en humanos con fotomicroscopía electrónica durante varios años y encontraron *células de músculo liso* incrustadas dentro de las fibras de colágeno (Staubesand & Li 1996) (Fig. 3). Para una descripción más detallada de este descubrimiento, véase el Recuadro 1 "¡La fascia está viva!

Curiosamente, este artículo también informó -de forma similar al estudio de inervación de Yahia- de la existencia generalizada de nervios intrafasciales.

Staubesand describe un rico suministro intrafascial de capilares, nervios autónomos y terminaciones nerviosas sensoriales. Basándose en sus hallazgos, llegó a la conclusión de que es probable que estas células musculares lisas de la fascia permitan al sistema ner-

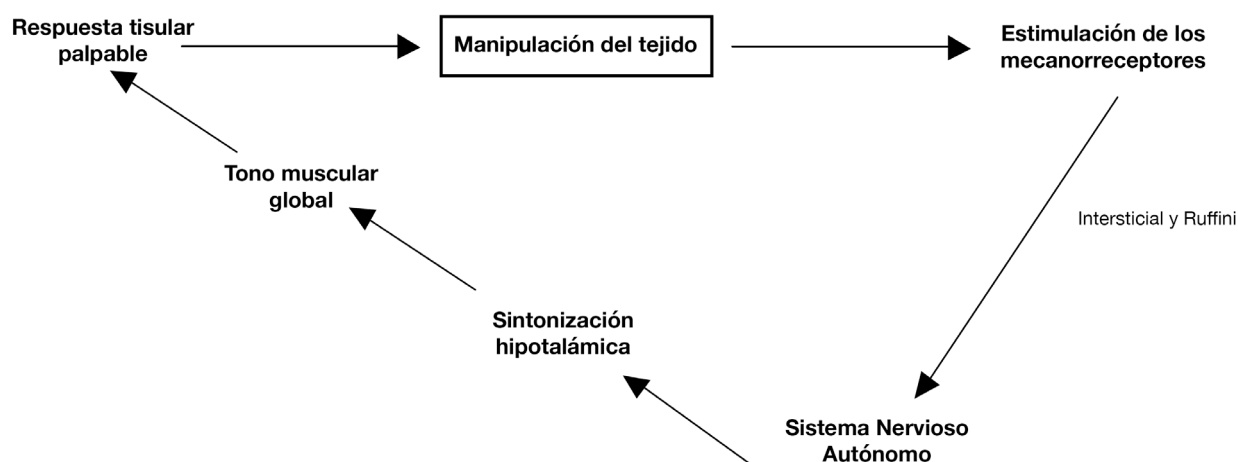






Fig. 2 El "bucle del hipotálamo", basado en Gellhorn (1967). Observa que la presión lenta y profunda suele conducir a un estado más parasimpático. Esto activa el lóbulo anterior del hipotálamo, más trofotrópico, para disminuir el tono general de la musculatura corporal.

Tabla 1. Mecanorreceptores fasciales en la manipulación miofascial

	Capacidad de respuesta a la manipulación	Resultados de la estimulación
<p><i>Golgi</i></p> 	<p>Probablemente sólo responde a la contracción muscular o a una manipulación muy fuerte.</p>	<p>Disminución del tono en las fibras motoras estriadas relacionadas.</p>
<p><i>Pacini</i></p> 	<p>Sólo responde a las técnicas de alta velocidad o vibratorias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la atención propioceptiva local
<p><i>Ruffini</i></p> 	<p>Responde especialmente al estiramiento lateral</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la atención propioceptiva local • Inhibición de la actividad simpática
<p><i>Intersticial</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • El 50% de ellas son unidades de presión de alto umbral (HTP) • El otro 50% son sensibles a la baja presión (LTP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la atención propioceptiva local • Aumento de la vasodilatación y la respiración • La estimulación de la HTP puede producir dolor y aumentar la extravasación de plasma

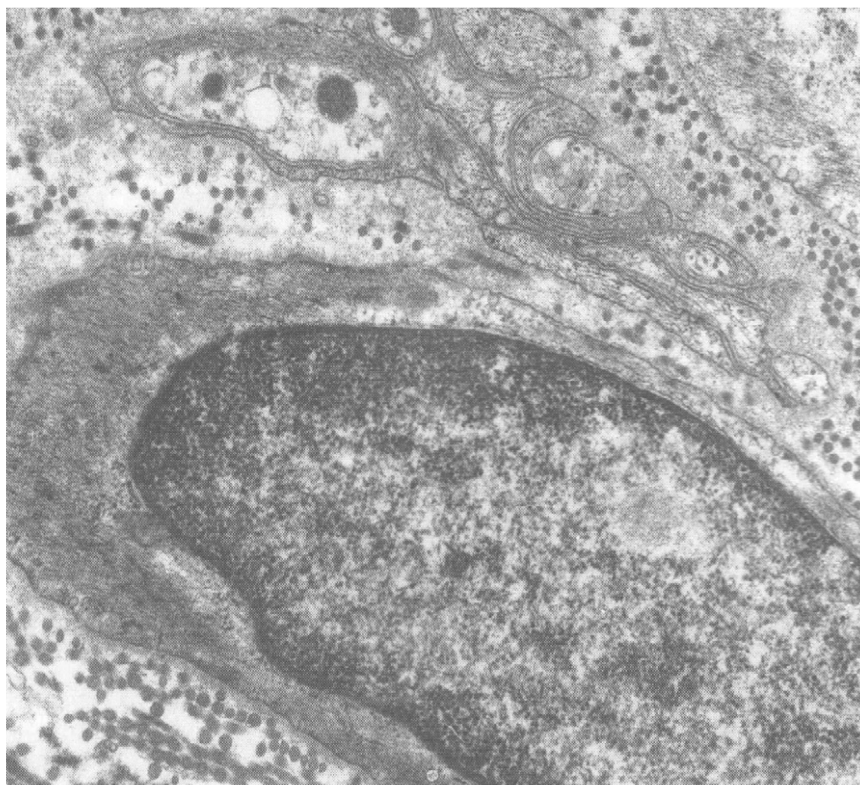


Fig. 3 Fotomicroscopía electrónica de una típica célula muscular lisa dentro de la Fascia cruris. Sobre ella se encuentra la porción terminal de una neurona sensorial de tipo IV (no mielinizada). (Foto reproducida con la amable autorización de Springer Verlag, publicada por primera vez en Staubesand 1996).

RECUADRO 1 ¡La fascia está viva!

Lo que sigue es un extracto de una entrevista del autor con J. Staubesand, ahora profesor emérito de anatomía en la Universidad de Friburgo, Alemania

La versión completa está disponible en www.somatics.de

Staubesand: Hicimos algunos estudios de fotomicrografía electrónica de la Fascia cruris, que es el tejido conectivo que recubre la parte inferior de la pierna en los humanos. De forma bastante sorprendente, encontramos células musculares lisas aisladas dentro de la fascia. Además, encontramos algunas fibras nerviosas intrafasciales y terminaciones nerviosas sensoriales de los que no se había informado anteriormente.

¿Crees que estas células musculares lisas tienen alguna significación funcional?

Es posible, aunque en este momento no se puede afirmar con seguridad. Debido a las capas de tejido microscópicamente finas que examinamos en nuestros estudios fotomicrográficos electrónicos, aún no podemos decir nada sobre la densidad tridimensional relativa de las células musculares lisas dentro de la fascia. Sin embargo, parece probable que estas células musculares lisas estén ahí por una razón funcional. Basándonos en nuestros hallazgos, parece muy posible que el cuerpo sea capaz de regular la tensión previa de la fascia a través de esas células musculares lisas, para ajustarse a las diferentes demandas de tono muscular. Esta función también explicaría la presencia sorprendentemente extendida de nervios y capilares autónomos que encontramos en la fascia.

Es cierto que tal función sitúa a la fascia en una imagen muy diferente a la del pasado, donde se creía que la fascia sólo se ajustaba pasivamente a los cambios a corto plazo de las demandas tensionales. Esta nueva imagen de la fascia como órgano que se adapta activamente, y la existencia generalizada de diversos receptores neurales intrafasciales, confiere a la fascia una importancia funcional mucho mayor.

¿Qué tipo de suministro nervioso encontraste en las láminas fasciales que estudiaste? ¿Eran fibras simpáticas?

Esto no podemos decirlo con certeza. Se necesitan más estudios para aclarar esta cuestión. Pero lo que sí podemos decir es que hay fibras nerviosas mielinizadas y no mielinizadas en la fascia. Los axones mielinizados se consideran generalmente como sensoriales. Las fibras nerviosas no mielinizadas podrían tener funciones motoras como nervios eferentes del sistema nervioso autónomo a las fibras del músculo liso, o también podrían servir para otras funciones del sistema nervioso autónomo. Basándonos en los estudios de Heppelman y otros (Heppelman 1995) sobre los receptores del dolor en la cápsula articular de la rodilla en los gatos y debido a las sorprendentes similitudes con nuestras observaciones, podemos suponer que también existen receptores del dolor en los tejidos fasciales que examinamos en los humanos.

En nuestros estudios descubrimos que lo que se había descrito anteriormente como perforaciones de la capa fascial superficial por las venas perforantes, son creadas regularmente por una tríada de vena, arteria y nervio. Y estas perforaciones son muy numerosas. Por ejemplo, en los seres humanos hay unas 150 de estas perforaciones de la tríada en cada pierna.

En tus publicaciones también mencionaste una posible relevancia para la comprensión y el tratamiento de la fibromialgia

En el caso de la fibromialgia, la idea principal ha sido que los receptores del dolor se encuentran en el tejido muscular. Sin embargo, ahora sabemos que hay muchos receptores sensoriales, incluidos los receptores del dolor en la fascia, lo que dirige nuestra atención en la fibromialgia, así como en muchos otros tipos de síndromes de dolor de los tejidos blandos, hacia un valor mucho mayor de las intervenciones terapéuticas en la propia fascia.

¿Cuál es el aspecto más relevante de tu investigación para los terapeutas manuales?

Creo que el aspecto más importante de nuestros hallazgos para tu trabajo está relacionado con la inervación de la fascia. Los receptores que encontramos en la fascia de la parte inferior de la pierna en los humanos podrían ser responsables de varios tipos de sensaciones de dolor miofascial. Si pudieras influir en estos receptores fasciales con tu manipulación, esto podría ser de significativa importancia.

Otro aspecto es la inervación y la conexión directa de la fascia con el sistema nervioso autónomo. Ahora parece que el tono fascial podría estar influenciado y regulado por el estado del sistema nervioso autónomo. Además -y esto debería tener ramificaciones para tu trabajo- cualquier intervención en el sistema fascial puede tener un efecto en el sistema nervioso autónomo en general y en todos los órganos que están directamente afectados por el sistema nervioso autónomo. Para decirlo de forma más sencilla: cualquier intervención en la fascia es también una intervención en el sistema autónomo.

vioso autónomo regular la *pretensión* de la fascia independientemente del tono muscular (Staubesand y Li 1997, Staubesand et al. 1997). Por tanto, postula que esta nueva comprensión de la fascia como órgano que se adapta activamente confiere a la fascia en general una importancia funcional mucho mayor, y que los estrechos vínculos entre la fascia y la autonomía pueden tener implicaciones clínicas de gran alcance.

Por desgracia, Staubesand no sabía que las investigaciones de Yahia ya habían demostrado que la fascia tiene la capacidad de contraerse activamente y de hacerlo con efectos medibles y significativos. Pero Yahia no pudo aislar ni identificar las células musculares relacionadas. Por otra parte, Staubesand había podido identificar y fotografiar las células musculares relacionadas, pero él mismo no tenía entonces ninguna prueba de que fueran lo suficientemente potentes como para tener alguna importancia funcional. No obstante, parece justificado decir que ambos estudios, tomados en conjunto, demuestran que existen células musculares lisas incrustadas en la fascia, y que es muy probable que estén implicadas en la regulación de la pretensión intrafascial.

Los miofibroblastos y la contractilidad del tejido

En comparación con las células musculares estriadas, las células musculares lisas ofrecen una transformación más eficiente de la energía química en fuerza mecánica. Se sabe desde hace tiempo que los fibroblastos se transforman a menudo en *miofibroblastos* que contienen fibras de actina de músculo liso y, por tanto, pueden contraerse activamente. Esto ocurre en situaciones patológicas como la contractura de Dupuytren, la cirrosis hepática, en la artritis reumática y algunos otros procesos inflamatorios. Sin embargo, también es un elemento productivo de la curación temprana de las heridas, y los miofibroblastos se encuentran regularmente en la piel sana, en el bazo, el útero, los ovarios, los vasos circulatorios, los ligamentos periodontales y los septos pulmonares (van den Berg y Cabri 1999).

Desde una perspectiva teleológica, tiene sentido que la intercalación de células musculares lisas en las láminas fasciales dote al organismo de un sistema de tensión accesorio para aumentar el tono muscular y

ofrezca una ventaja evolutiva de supervivencia en situaciones de lucha/huida..

El estudio de Staubesand había demostrado una configuración en forma de *tijera* de las fibras de colágeno en el epimisio. Esta disposición tiene mucho sentido, ya que permite que una pequeña cantidad de células de músculo liso intrafascial realice una red de entramado relativamente grande.

La intercalación de células musculares lisas en las envolturas fasciales también explicaría la siguiente observación: El revestimiento fascial de muchos órganos está formado en su mayor parte por fibras de colágeno, cuyo pequeño rango de elasticidad sólo permite cambios de longitud diminutos. Sin embargo, el bazo puede reducirse a la mitad de su tamaño en pocos minutos (lo que se ha demostrado que ocurre en los perros cuando su suministro de sangre en el bazo es necesario debido a una actividad extenuante). La explicación más probable de esto son las células musculares lisas incrustadas en la cápsula de ese órgano.

Tono fascial, respiración y fibromialgia

Lo más probable es que la regulación del tono de las células musculares lisas de la fascia se realice a través del sistema nervioso simpático y de sustancias vasoconstrictoras como el CO_2 . Por tanto, el descubrimiento de las células musculares de la fascia abre una puerta a emocionantes especulaciones sobre un vínculo directo entre el comportamiento de la fascia y el pH del cuerpo, que está directamente relacionado con la función respiratoria y los niveles de CO_2 . Como demostraron Chaitow, Bradley y Gilbert (Chaitow et al. 2002), ya existe un vínculo claro entre la contracción del músculo liso y los niveles reducidos de CO_2 , como ocurre en la alcalinidad respiratoria relativa. Cuando se produce un cambio hacia una mayor alcalinidad debido, por ejemplo, a la hiperventilación, la vasoconstricción es automática y dramática. Posiblemente, en ese mismo momento las células del músculo liso de la fascia se contraen y aumentan la tensión general de la fascia. Las implicaciones de estos cambios en afecciones como la fibromialgia y la fatiga crónica son enormes, ya que un hallazgo clínico común es que la mayoría de las personas con SFC y FMS son hiperventiladores francos o al límite.

También se puede especular sobre el posible efecto del aumento de los niveles de serotonina en las células del músculo liso de la fascia. Se sabe que la serotonina es un agonista potenciador de las contracciones del músculo liso, como la actividad peristáltica o la vasoconstricción en los grandes vasos pulmonares. Recientemente se han encontrado niveles inusualmente altos de serotonina en el líquido cefalorraquídeo de pacientes con fibromialgia (Pongratz y Spã th 2001). Una posible conexión entre la fibromialgia y la hipertonicidad mediada por la serotonina de las células del músculo liso de la fascia podría ser una investigación digna de estudio. Por otra parte, se ha demostrado que la serotonina disminuye el umbral del dolor de los receptores del grupo IV (Mitchell y Schmidt, 1977), lo que podría significar que el aumento de la sensibilidad al dolor de esos receptores en la fibromialgia podría ser menos una disfunción motora (hipertonicidad de las células del músculo liso fascial) y más una disfunción de la regulación sensorial.

Basándonos en Yahia y Staubesand, la Fig. 4 ilustra un tercer bucle de retroalimentación autonómica, que yo llamo "Bucle de contracción fascial", como posible factor de la plasticidad fascial a corto plazo. Dejando de lado por el momento las posibles interacciones de las sustancias químicas vasoconstrictoras, este "bucle" se centra únicamente en la dinámica de la red neuronal. En pocas palabras: La estimulación de los mecanorreceptores intrafasciales (en este caso, principalmente terminaciones nerviosas libres) desencadena que el sistema nervioso autónomo altere el tono de las células musculares lisas intrafasciales.

¿Y los ligamentos viscerales?

En la osteopatía visceral se suele afirmar que la manipulación suave de un ligamento visceral puede inducir una liberación inmediata y palpable dentro de ese ligamento (Barral y Mercier 1988). También se han sugerido conceptos similares para el trabajo osteopático con los ligamentos esqueléticos (Barral y Croibier 2000, Crow et al. 2001). Dado que los ligamentos pueden considerarse disposiciones especiales de la fascia -a menudo los ligamentos no son más que engrosamientos locales dentro de láminas fasciales más grandes-, surge la pregunta: ¿cómo es esto posible? Como se demostró en la Parte 1, para crear un alargamiento inmediato pero permanente de cualquier estructura fascial sustancial con medios mecánicos, se necesitan cantidades de fuerza y/o tiempo mucho mayores que las que se suelen aplicar en las manipulaciones suaves sin empuje.

Las células musculares lisas de la fascia y la contractilidad activa de la fascia sólo se han descrito en grandes láminas de fascia. Además, la disposición de la fibra en forma de tijera hace posible que una cantidad relativamente pequeña de células contráctiles intercaladas afecte a toda la red de la fascia. Por lo tanto, parece poco probable que las células musculares lisas intraligamentosas puedan ser la base de este fenómeno osteopático comunicado.

Parece más probable que la manipulación osteopática de los tejidos blandos estimule los mecanorreceptores dentro del ligamento tratado, lo que induce una relajación de las fibras musculares relacionados (lisos

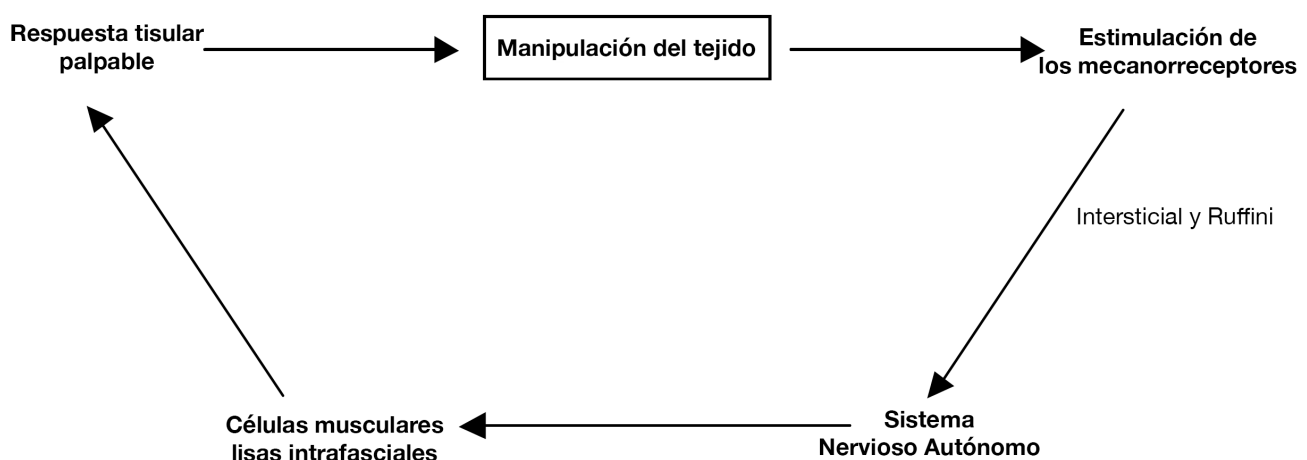


Fig. 4 El "bucle de contracción fascial" (basado en Yahia y en Staubesand). Entre las fibras de colágeno de la fascia hay células musculares lisas, reguladas por el sistema nervioso autónomo. Su activación puede provocar una contracción activa del tejido intrafascial.

o estriados); y esto es percibido como una “relajación del ligamento” por el profesional.

Además, es muy posible -sobre todo en el caso de la estimulación de los ligamentos viscerales- que se produzcan cambios metabólicos específicos en el suelo y cambios fisiológicos en la función de los órganos de la zona, que también podrían ser palpables. Sin embargo, la longitud real del ligamento no se vería alterada. De ser cierta, esta explicación pondría en tela de juicio -o modificaría- algunos de los supuestos actuales de la osteopatía y llevaría a varias consecuencias prácticas diferentes en ese trabajo.

Puntos de acupuntura y fascia

Como aprendimos en la Parte 1 de este artículo, un estudio de fotomicroscopía electrónica de la Fascia cruris (Staubesand 1997, Staubesand & Li 1997) demostró que existen numerosas perforaciones de la capa de fascia superficial que se caracterizan por una tríada perforante de vena, arteria y nervio (Fig. 5). Staubesand pudo identificar que la mayoría de los nervios perforantes de estas tríadas son nervios autónomos no mielinizados.

Un estudio de Heine de la misma época también documentó la existencia de estos puntos de perforación de la tríada en la fascia superficial. Heine, un investigador alemán que ha participado en el estudio de la acupuntura y otras disciplinas complementarias de la salud, descubrió que la mayoría (82%) de estos puntos de perforación son topográficamente idénticos a los 361 puntos de acupuntura clásicos de la acupuntura tradicional china (Heine 1995).

Esto estimuló a un cirujano alemán a realizar un estudio clínico junto con Heine. Estudiaron estos puntos de perforación de la fascia en pacientes que sufrían dolor crónico de hombro-cuello u hombro-brazo. Descubrieron que los puntos de perforación de estos pacientes mostraban una anomalía peculiar. Los vasos perforantes estaban “estrangulados” por un *anillo inusualmente grueso de fibras de colágeno* a su alrededor, directamente sobre el agujero de perforación. El



Fig. 5 La fascia superficial está perforada en puntos específicos por una tríada de nervio (izquierda), vena (cuerpo grande en el centro) y arteria. Según Heine, la mayoría de estos puntos de perforación son topográficamente idénticos a los puntos de acupuntura china tradicional. Los nervios perforantes suelen inervar los corpúsculos pacinianos y de Meissner bajo la piel.

cirujano trató entonces estos puntos con microcirugía para aflojar los estrangulamientos y conseguir una *salida más libre* de esos vasos. Esto supuso una mejora significativa para los pacientes (Bauer y Heine, 1998).

Muchos tomaron esto como una clara evidencia de un nuevo modelo de explicación mecánica del dolor en relación con los puntos de acupuntura. Sin embargo, sólo un año después, un investigador del dolor de espalda de España publicó un estudio que parece cuestionar algunos de los supuestos de Bauer y Heine y que añade una nueva y emocionante dimensión (Kovacs et al. 1997). Utilizando un diseño de estudio doble ciego bien orquestado con pacientes que sufrían dolor lumbar crónico, se implantaron *grapas quirúrgicas* bajo su piel. Un punto interesante fue que la ubicación de los implantes se definió por su inervación (como puntos gatillo) y se eligió cuidadosamente para que no coincidiera con los puntos de acupuntura china. El resultado: El tratamiento de Kovacs condujo a una clara reducción del dolor en la mayoría de sus pacientes, con una mejora estadística al menos similar a la que tuvieron Bauer y Heine con sus pacientes.

Kovacs sugirió la siguiente explicación: lo más probable es que ambos tratamientos liberen una clase de *neuropéptidos*, denominados encefalinas, que contrarrestan la liberación de la sustancia P y otros neuropéptidos asociados al dolor y que favorecen la activación

de las fibras nociceptivas. En otras palabras: la estimulación de determinados noci- y/o mecanorreceptores bajo la piel estimula la liberación de neuropéptidos específicos que ayudan a desactivar los receptores del dolor que son fundamentales para el mantenimiento del dolor crónico (Kovacs et al. 1997).

Un enfoque de sistemas dinámicos

La belleza del enfoque de Kovacs reside en su visión del sistema nervioso como “una selva tropical húmeda”, es decir, en su inclusión de los aspectos líquidos del sistema nervioso. En comparación con el enfoque de tratamiento más orientado a la mecánica de Bauer y Heine, Kovacs considera el cuerpo como un *sistema cibernético* en el que una intervención se considera una

estimulación para los complejos procesos internos de autorregulación.

Los enfoques cibernéticos suelen trabajar con *diagramas de flujo* como simplificaciones útiles para interdependencias dinámicas complejas. La figura 6 puede verse como un primer intento de analizar algunos de los factores neuronales que subyacen a la plasticidad fascial inmediata. Incluye los cuatro bucles de retroalimentación diferentes descritos anteriormente en este artículo. Este diagrama de flujo no incluye ningún aspecto neuroendocrino, aunque es muy probable que intervengan de forma significativa en la manipulación miofascial. Siguiendo el ejemplo de Kovacs, sería útil para futuras investigaciones explorar si el trabajo con tejidos profundos desencadena una liberación de neuropéptidos específicos, lo que podría explicar algunos de los profundos efectos a corto y largo plazo de este trabajo.

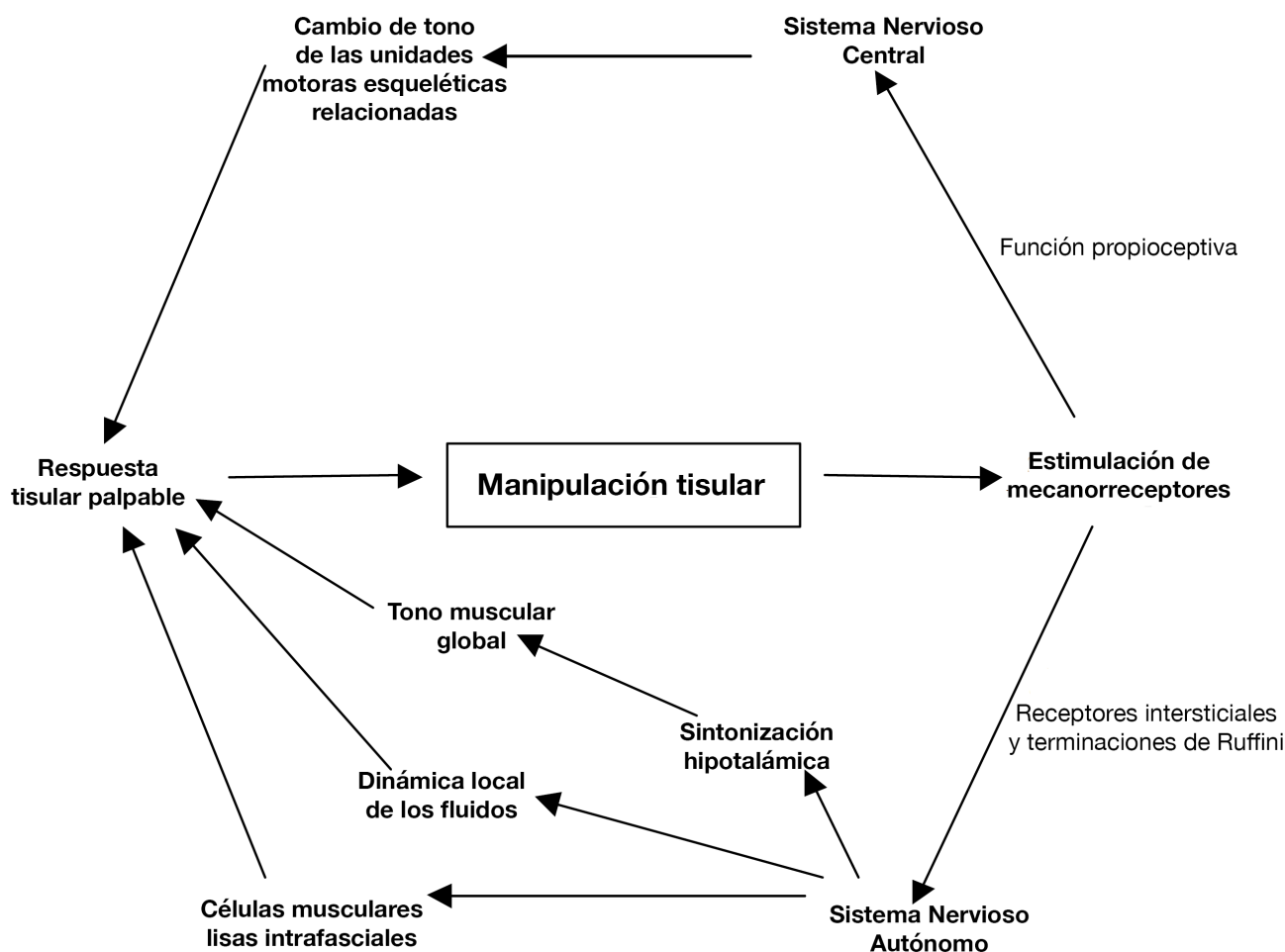


Fig. 6 Diagrama de flujo de varios procesos implicados en la dinámica neural de la plasticidad tisular inmediata en la manipulación miofascial. Este diagrama incluye los cuatro bucles de retroalimentación diferentes que se analizaron en la primera parte de esta serie de artículos. La manipulación del profesional estimula los mecanorreceptores intrafasciales, que luego son procesados por el sistema nervioso central y el sistema nervioso autónomo. La respuesta del sistema nervioso central modifica el tono de algunas fibras musculares estriadas relacionadas. La respuesta del sistema nervioso autónomo incluye una alteración del tono muscular global, un cambio en la vasodilatación local y la viscosidad del tejido, y una disminución del tono de las células musculares lisas intrafasciales.

Tabla 2	
Concepto clásico: El cuerpo como objeto mecánico	Nuevo modelo neurobiológico: El cuerpo como proceso autorregulador
El cuerpo se ve como una máquina perfecta o imperfecta, regida principalmente por la física clásica newtoniana	El cuerpo se considera un organismo biológico autorregulado (SR), que implica dinámica de sistemas no lineales, complejidad y autopoiesis
Punto de vista típico de la “ era industrial ”	Típico punto de vista de la “ era de la información ”
Clara distinción entre estructura y función	No hay una distinción clara entre estructura y función
Menos atención al sistema nervioso	Fuerte inclusión del sistema nervioso
Separación sujeto/objeto (“principios de intervención ”)	Conexión sujeto-objeto (“ interacción ” en lugar de intervención)
Actitud de resolución de problemas	Se centra en la mejora de la RS ya existente
La máquina tiene un número limitado de variables. Una sensación interna de absoluta <i>certeza</i> en el profesional se considera, por tanto, alcanzable y deseable	El sistema tiene un alto grado de complejidad, con variables casi ilimitadas. La personalidad del profesional debe sentirse cómoda operando con los principios de incertidumbre
La “ precisión ” local es importante y admirada	La buena sincronización y la gradación (dosificación) son cada vez más importantes
El “ maestro técnico ” como ídolo	El “ facilitador ” o la “ comadrona ” como ídolos
Ejemplo típico de trabajo: Movilización directa de una “ fijación espinal ” precisa o torsión sacra por parte del profesional	Ejemplo de trabajo típico: Inclusión de micromovimientos activos por parte del durante el trabajo práctico

De técnico héroe a humilde comadrona

Parece claro que para comprender y utilizar mejor la plasticidad fascial, debemos incluir la dinámica autorreguladora del sistema nervioso. Esto incluirá un cambio de actitud en el profesional. Si estamos dispuestos a pasar de una visión mecánica del cuerpo a una inclusión del sistema neuroendocrino, estaremos haciendo bien en preparar nuestro cerebro (y nuestras tripas) para pensar en una dinámica de sistema no lineal. La complejidad autorreguladora del sistema nervioso podría compararse con la de una selva tropical o una ciudad metropolitana. Según Senge y otros, al tratar con sistemas tan complejos no suele funcionar muy bien asumir el papel de un *maestro* que interfiere desde el exterior con intervenciones heroicas y que cree poder predecir sus resultados con certeza. La mayoría de las veces, tales intervenciones lineales producen reacciones imprevistas a largo plazo que son contraproducentes (Senge 1990).

Normalmente, funciona mejor asumir el papel más humilde de un *facilitador*, que se interesa curiosamente por el aprendizaje y cuya personalidad se siente más cómoda para tratar los principios de incertidumbre. En el contexto de una sesión de trabajo corporal, el pro-

fesional y el cliente trabajan entonces juntos como “*un equipo de aprendizaje*” (Petersen 2000).

El Cuadro 2 muestra algunas de las consecuencias de este cambio. En lugar de considerar al profesional y al cliente como entidades claramente separables (sujeto y objeto) y de discutir diferentes “principios de intervención” en la terapia manual, en la que el profesional realiza una serie de técnicas activas sobre un cliente mayoritariamente pasivo, se sugiere que se puede ob-

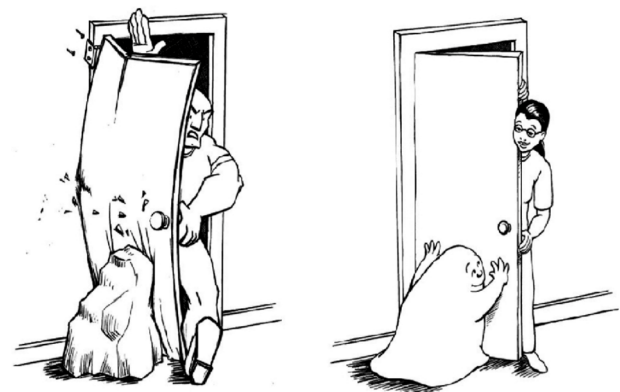


Fig. 7 Una puerta bloqueada por una roca requiere un enfoque diferente que si se trata de un obstáculo animado. Del mismo modo, una articulación bloqueada o un tejido inmóvil pueden entenderse en términos puramente mecánicos o como un sistema de autorregulación activo. La elección del enfoque depende en gran medida de si el profesional ve alguna dinámica neural implicada en la situación específica del cliente. En este artículo se hace hincapié en ver la fascia como enervada y como viva, por lo que se sugiere tratar la fascia más con el segundo enfoque.

Tabla 3. Aplicaciones prácticas

DÓNDE TRABAJAR1. *Tejidos cortos y tensos*

Llama la atención sobre los tejidos miofasciales primarios (inapropiadamente) acortados e hipertonicados.

2. *Incluir los antagonistas*

Incluir la atención a las fibras musculares antagonistas de la articulación relacionada.

3. *Respetar la densidad de los receptores*

Dedica más tiempo y atención a los tejidos que suelen tener una alta densidad de mecanorreceptores (músculos suboccipitales, periotio, fascia palmar y plantar, uniones miotendinosas, ligamentos).

4. *Cara y manos*

Presta mucha atención a las fibras miofasciales que mueven la cara o las manos

5. *Abdomen y pelvis*

Se ha demostrado que la presión profunda sobre los nervios viscerales, así como la presión sostenida sobre la pelvis, aumentan el tono vagal

CÓMO TRABAJAR:6. *Temporización*

Para la disminución del tono: lento y fundido para inducir el estado parasimpático y evitar el reflejo de estiramiento miotático

Para centrar la atención: estimulante, llamando la atención, con cambios más rápidos, pero nunca aburridos.

7. *Ángulo de Ruffini*

La presión tangencial (estiramiento lateral) es ideal para estimular los órganos de Ruffini, que tienden a bajar el tono simpático.

8. *Atención al SNA*

Presta mucha atención al estado del sistema nervioso autónomo (que influye en la regulación del tono general del cuerpo).

9. *Sensaciones inusuales*

Crea sensaciones corporales inusuales que probablemente sean interpretadas como "significativas" por la acción filtrante de la formación reticular del sistema nervioso central; es decir estiramiento inusualmente fuerte de esas fibras

estimulación inusualmente sutil ("efecto susurro")

estimulación inusualmente especificativa

sensaciones que siempre cambian ligeramente/se mueven de forma no precisamente predecible

10. *Inclusión inmediata de la retroalimentación*

Tan pronto como percibas el inicio de un cambio de tono, refléjalo con tu tacto de alguna manera en el tejido. Cuanto más precisa, inmediata y refinada sea tu inclusión de retroalimentación, más eficaz será tu interacción.

11. *Pensamiento animista*

Una actitud de cuidado maternal hacia un montón de pequeñas entidades gnómicas que habitan en el tejido suele desencadenar la mayor "agudeza sensorial" en el sistema nervioso del practicante (mamífero).

PARTICIPACIÓN DEL CLIENTE12. *AMPs*

Involucra al cliente en una participación activa de micromovimientos (AMP). Cuanto más lentos y refinados sean y más atención demanden, mejor.

13. *Pide y permite una profundización de la propiocepción.*

14. *Relaciona las percepciones* y los movimientos corporales con las actividades funcionales e incluye la orientación espacial externa, así como los aspectos de significado social de las expresiones corporales alteradas.

tener un beneficio al implicar al cliente como socio activo en un proceso de "interacción", por ejemplo con micromovimientos específicos durante las manipulaciones fasciales.

Ten en cuenta que la distinción habitual entre estructura (por ejemplo, huesos y tejido conectivo) y función (organización neuromuscular) ya no es útil dentro de este cuadro. El premio Nobel Ludwig von Bertalanffy lo expresa así:

La antítesis de estructura y función, morfología y fisiología, se basa en una concepción estática del organismo. En

una máquina hay una disposición fija que puede ponerse en movimiento, pero también puede estar en reposo. De forma similar, la estructura preestablecida de, por ejemplo, el corazón se distingue de su función, es decir, la contracción rítmica. En realidad, esta separación entre una estructura preestablecida y los procesos que ocurren en esa estructura no se aplica al organismo vivo. Pues el organismo es la expresión de un proceso ordenado y permanente, aunque, por otra parte, este proceso se sustenta en estructuras subyacentes y formas organizadas. Lo que se describe en la morfología como formas y estructuras orgánicas, es en realidad un corte transversal momentáneo a través de un patrón espacio-temporal. Lo que se llama estructuras son procesos lentos de larga duración, las funciones son procesos rápidos de corta duración. Si decimos que una función, como la contracción

de un músculo, es realizada por una estructura, significa que un proceso rápido y corto se superpone a una onda de larga duración y lenta. (von Bertalanffy 1952).

Un modelo de rol diferente

El papel de un “maestro técnico” en el Cuadro 2 puede describirse mejor con la siguiente historia: El sistema de calefacción de un gran barco de vapor se estropeó y durante varios días nadie pudo fijarlo. Finalmente, llamaron a un maestro técnico. Se paseó y lo miró todo, y finalmente sacó un pequeño martillo de su bolsillo y golpeó una pequeña válvula, lo que inmediatamente solucionó el problema y la máquina volvió a funcionar. Cuando llegó la factura de 1.000 dólares, el capitán no quiso creer una suma tan elevada por un trabajo tan pequeño, así que pidió una factura más específica. Al día siguiente llegó la nueva factura, que decía:

“Por ajustar una pequeña válvula: 0,01 \$. Por saber dónde: \$ 999.99”.

Muchos trabajadores corporales siguen adorando esta historia como un ideal de maestría en su trabajo, aunque pertenece claramente al ámbito del trato con un universo mecánico. Si uno está dispuesto a tratar con la fascia en una perspectiva de sistemas dinámicos es más apropiado asumir el papel de una *comadróna o facilitadora* que asiste hábilmente a un proceso de autorregulación del organismo. Este ideal se expresa en el dicho chino:

*“Dale a un hombre un pez, y lo alimentarás durante un día.
Enséñale a pescar y lo alimentarás durante toda la vida”.*

Dónde trabajar

El cuadro 3 ofrece algunas recomendaciones para el trabajo práctico. Dado que el trabajo miofascial parece estar más centrado en el ablandamiento o la *liberación* de los tejidos tensos (Rolf 1977, Barnes 1990) que en el aumento de la tonificación, suele incluir el trabajo en aquellos tejidos miofasciales que aparecen como innecesariamente cortos y tensos (véase la regla 1 de la Tabla 3). Pero si se incluye la dinámica del sistema de

autorregulación de la coordinación motora del cliente, también es útil incluir el trabajo sobre los antagonistas de esos tejidos hipertónicos (regla 2). Por ejemplo, si el cliente muestra una inclinación pélvica anterior crónica (no sólo en bipedestación y al caminar, sino también en posición supina y prona en la camilla) y el Test de Modified Thomas (Tunnel 1998) ha revelado que uno o varios músculos flexores de la cadera son cortos, a menudo resulta útil trabajar con los isquiotibiales superiores y los glúteos (regla 2), además del trabajo directo con los flexores de la cadera acortados (regla 1).

La base de la regla 2 se basa principalmente en la experiencia clínica del autor. Sin embargo, la siguiente explicación teórica podría ser aplicable: Los agonistas y antagonistas de una articulación esquelética específica están estrechamente conectados neurológicamente a través de una compleja red de reflejos espinales y supraespinales y bucles de retroalimentación (Kandel 1995). Cualquier cambio de tono en los agonistas tenderá a desencadenar también cambios en los antagonistas relacionados, y viceversa. Por lo tanto, llamar la atención sobre las fibras antagonistas del tejido miofascial principalmente acortado podría proporcionar

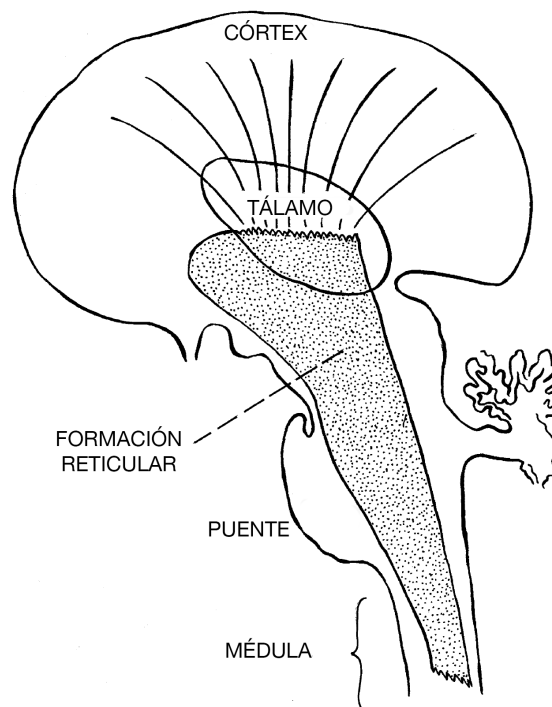


Fig. 8 El practicante manual necesita comprender la acción filtrante de la formación reticular en la médula espinal y el tronco cerebral. Sólo si este sistema interpreta el tacto del practicante como significativo o interesante, permitirá que esta entrada llegue a zonas superiores de la organización corporal del cliente.

una entrada adicional para la regulación del sistema nervioso en torno a esta articulación. Por lo tanto, hacer esta invitación adicional al sistema nervioso para que “reevalúe la regulación del tono alrededor de esta articulación” podría ser más eficaz que repetir una y otra vez la misma vía de acceso (a través de los tejidos agonistas acortados). Sin embargo, normalmente se debe trabajar más en los tejidos agonistas acortados que en sus antagonistas opuestos.

La comprensión de la “anatomía interna” del cliente, es decir, de la organización del esquema corporal del cliente dentro del córtex, apoya la regla 4, es decir, prestar más atención a los tejidos miofasciales que intervienen en los movimientos de la cara y las manos. Juntas, ambas áreas de representación constituyen aproximadamente dos tercios de la “organización corporal interna” en el cerebro. En el córtex, existe una tendencia general a la propagación local: la excitación de un área cortical local tenderá a influir en las áreas circundantes de su vecindad. Por ejemplo, si el practicante consigue un cambio de tono saludable en los músculos de la mano y la cara previamente tensos – y los músculos de la cara en 15 minutos de trabajo miofascial, es más probable que este cambio -que implica a dos tercios de la organización de la imagen corporal interna del cliente- se extienda al resto del cuerpo, en comparación con si el practicante trabaja durante una hora sólo en el tronco (que constituye sólo una porción menor de la corteza somatomotora).

La regla 5 se basa en la investigación que se ha tratado en la primera parte de este artículo (Folkow 1962, Koizumi y Brooks 1972).

Cómo funciona

La base de la regla 7 se ha explorado en la Parte 1, al igual que la regla 8, que está relacionada con la investigación de Gellhorn sobre los estados de sintonía trofotrópicos y ergotrópicos (Gellhorn 1967).

La regla 9 reconoce el hecho de que la formación reticular (véase la Fig. 8) suele excluir toda la información manual que el sistema nervioso central del cliente interpreta como no significativo. Un ejemplo: mientras probablemente esté sentado leyendo este artículo, la ropa interior y otras prendas del lector están tocando el cuerpo, a veces con una presión comparable a un trabajo corporal craneosacral muy fino.

También las tuberosidades isquiáticas pueden estar expuestas a una presión comparable a un fuerte trabajo miofascial. Sin embargo, ambas entradas se ignoran fácilmente en la vida cotidiana y no conducen a cambios significativos a corto plazo.

Las reglas 10 y 11 subrayan la importancia de la sensibilidad palpatoria. Imagina el cardumen de peces que utilizamos como analogía en la Parte 1 para los cientos de unidades motoras que hay bajo la mano o el codo del practicante. Si digamos que uno o dos de esos peces (unidades motoras) empiezan a cambiar su tono y si la mano del practicante es capaz de percibirlo, puede reflejar este cambio en el tejido y podría influir en otros peces para que se muevan en la misma dirección. En cambio, si la mano o el codo del practicante no son lo suficientemente sensibles como para percibir este cambio, esta oportunidad podría perderse. Enton-

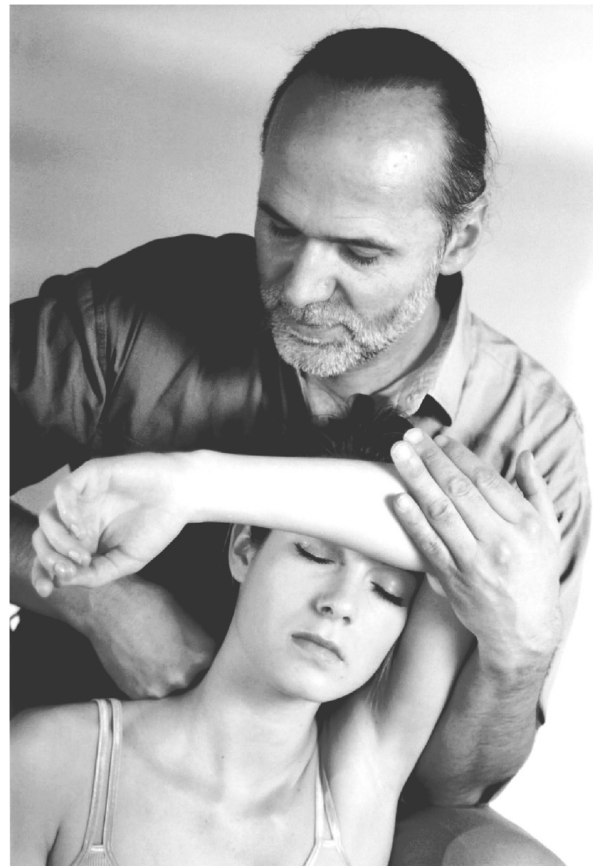


Fig. 9 Ejemplo del uso de AMP (participación activa del movimiento) del cliente en una sesión de integración estructural de Rolfings. Mientras se funde profundamente con una mano en el tejido y las articulaciones específicas de la parte superior del tórax, el autor guía al cliente para que apoye su trabajo miofascial con participaciones de movimiento lento sutiles y no habituales. Aquí el cliente realiza un movimiento de flexión lateral del tórax combinado con una extensión dirigida cranealmente (siguiendo el codo) para aumentar la apertura de las articulaciones vertebrales torácicas. (Foto reproducida con la amable autorización de la Asociación Europea de Rolfing).

ces surge la pregunta: ¿Cómo podemos aumentar la agudeza sensorial? La propia experiencia docente del autor respalda la observación de que nuestro propio sistema nervioso (de mamífero) tiende a funcionar con su máxima agudeza sensorial si estamos inmersos en un contexto de relación maternal. Por lo tanto, imaginar docenas de entidades gnómicas que habitan en el tejido fascial suele funcionar mejor que imaginar nervios, fibras de colágeno u otras imágenes de disecciones o libros de anatomía.

Participación activa del cliente

Si es cierto que la manipulación miofascial incluye el sistema nervioso del cliente, entonces tiene sentido que éste participe más activamente en la sesión. La figura 9 muestra un ejemplo típico de uso de la participación activa de micromovimientos en un cliente sentado. La guía verbal y táctil del profesional sirve para facilitar las participaciones sutiles de movimiento lento del cliente, de modo que el sistema nervioso se implique más profundamente en la coordinación en torno a una articulación o zona específica.

Recientes conocimientos sobre la organización de la corteza motora han demostrado que está menos organizada en torno a partes topográficas del cuerpo, sino más bien en torno a movimientos elementales complejos hacia direcciones espaciales específicas (Graziano et al. 2002). La Regla 14 lleva esta idea aún más lejos, prefiriendo las participaciones de movimiento con una clara intención funcional (por ejemplo, alcanzar algo o apartar algo), que implican al sistema nervioso del cliente más plenamente que los meros movimientos descritos mecánica o geoméricamente (Reed 1996).

Conclusión

La fascia está viva. Los profesionales que trabajan con este tejido verdaderamente fascinante deben comprender que está inervado por cuatro tipos diferentes de mecanorreceptores. Sin incluir su capacidad de respuesta a los distintos tipos de tacto, no se pueden explicar adecuadamente los efectos de liberación inmediata del tejido en la manipulación miofascial. Se ha demostrado que la fascia contiene células musculares lisas que parecen ser responsables de su capacidad

de “contracción ligamentosa” activa. Existen fuertes vínculos entre la fascia y el sistema nervioso autónomo que afectan al tono de la fascia, la viscosidad del tejido local y la posible fibromialgia. Por lo tanto, se aboga por un cambio desde un punto de vista “técnico” orientado a la mecánica hacia la inclusión de la dinámica de autorregulación del sistema nervioso del cliente.

En lugar de ver al profesional como el técnico experto, el cliente y el profesional trabajan juntos como un equipo de aprendizaje para abrir nuevas opciones de organización del movimiento y la postura.

AGRADECIMIENTOS

Las ilustraciones de las figuras 7 y 8, así como las de la tabla 1, son obra de Twyla Weixl, Hiltenspergers-tr.60, 80796 Múnich/Alemania. Correo electrónico: Twyla.Weixl@gmx.net.

REFERENCIAS

- Barnes MF 1997 La ciencia básica de la liberación miofascial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 1: 231-238
- Barnes JF 1990 Liberación miofascial: La búsqueda de la excelencia. *Rehabilitation Services Inc.*, Paoli, PA
- Barral J-P, Mercier P 1988 Manipulación visceral. *Eastland Press*, Seattle, WA
- Barral J-P, Croibier A 2000 Traumatismos: An Osteopathic Approach. *Eastland Press*, Seattle, WA
- Bauer J, Heine H 1998 Akupunkturpunkte und Fibromyalgie - Möglichkeiten chirurgischer Intervention. *Biologische Medizin* 6: 257-261
- Chaitow L, Bradley D, Gilbert C 2002 Multidisciplinary Approaches to Breathing Pattern Disorders. *Churchill Livingstone*, Edimburgo
- Crow WT et al. 2001 Tensión articular ligamentosa: Técnicas Manipulativas Osteopáticas para el Cuerpo. *Eastland Press*, Seattle, WA
- Folkow B 1962 Reacciones cardiovasculares durante la cirugía abdominal. *Anales de Cirugía* 156: 905-913
- Gellhorn E 1967 Principios de la Integración Autonómica-Somática: Bases fisiológicas e implicaciones psicológicas y clínicas. *University of Minnesota Press*, Minneapolis, MN
- Graziano MS et al. 2002 Movimientos complejos

evocados por microestimulación de la corteza precen-
tral. *Neuron* 34: 841-851

Heine H 1995 Anatomía funcional de los puntos de
acupuntura tradicionales chinos. *Acta Anatomica* 152:
293

Kandel ER 1995 *Essentials of Neural Science and
Behavior*. Appleton & Lange, Nueva York

Koizumi K, Brooks C 1972 La integración de las
reacciones del sistema autonómico: una discusión de
las reflexiones autonómicas, su control y su asociación
con las reacciones somáticas. *Revisiones de Fisiolo-
gía, Bioquímica y Farmacología Experimental* 67: 1-68

Kovacs FM et al 1997 Terapia de activación local
y remota sostenida para las exacerbaciones del dolor
lumbar crónico: un ensayo aleatorio, doble ciego, con-
trolado y multicéntrico. *Spine* 22: 786-797

Kruger L 1987 Sistema sensorial cutáneo. En: Adel-
man G. (ed.). *Encyclopedia of Neuroscience*, Vol 1. Bir-
khauser, Boston, pp 293

Mitchell JH, Schmidt RF 1977 Control del reflex car-
diovascular por los fibers aferentes de los receptores
del músculo esquelético. En: Shepherd JT et al. (eds).
Handbook of Physiology Section 2, Vol III, Part 2, 623

Petersen S 2000 *Terapias integradoras Mana*. Mana
Publications, Manaia, Nueva Zelanda

Pischinger A 1991 *Matriz y regulación de la matriz:
Bases para una teoría holística en medicina*. Haug In-
ternational, Bruselas

Reed ES 1996 *El encuentro con el mundo: Hacia
una Psicología Ecológica*. Oxford University Press,
Oxford

Rolf IP 1977 *Rolfing: La integración de las estructu-
ras humanas*. Dennis Landman, Santa Mónica

Senge PM 1990 *La quinta disciplina: El arte y la
práctica de la organización que aprende*. Doubleday,
Nueva York

Staubesand J, Li Y 1996 Zum Feinbau der Fascia
cruris mit besonderer

Berücksichtigung epi- und intrafaszialer Nerven.
Medicina Manuelle 34: 196-200

Staubesand J, Li Y 1997 Begriff und Substrat der
Faziensklerose bei chronisch-venöser Insuffizienz.
Phlebologie 26: 72-79

Staubesand J et al. 1997 La structure fine de l'apo-
neurose jambière. *Phlebologie* 50: 105-113

Tunnell PW 1998 Evaluación de la longitud muscu-
lar de los músculos propensos a la tensión. *Journal of
Bodywork and Movement Therapies* 2: 21-26

von Bertalanffy L 1952 *Problemas de la vida*. Harper
& Row, Nueva York

van den Berg F, Cabri J 1999 *Angewandte Physio-
logie - Das Bindegewebe des Bewegungsapparates
verstehen und beeinflussen*. Georg Thieme Verlag, Stu-
ttgart, Alemania

Yahia L et al. 1993 Propiedades viscoelásticas de la
fascia lumbodorsal humana. *Revista de Ingeniería Bio-
médica* 15: 425-429

