



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

*Trabajo de fin de Grado*

La relación de las cadenas  
musculares con plantillas posturales

The relationship of the muscular  
chains and postural insoles

**Alumno:** Laura Bargalló Gómez

**Tutor:** J. Ignasi Beltrán Ruiz

**Curso académico:** 4º en Grado de Podología

**Código de la asignatura:** 360416

## **RESUMEN**

Las cadenas musculares representan estructuras estáticas y dinámicas que siguen circuitos en continuidad a través de los cuales se propagan las fuerzas organizadoras del cuerpo. Las fascias son membranas fibrosas de tejido conectivo que tienen una relación íntima con las cadenas ya que las envuelven y ambas forman parte del conjunto miofascial. A partir de este complejo y junto al sistema tónico postural y el sistema nervioso central (SNC), el cuerpo es capaz de crear una respuesta a los estímulos que percibe, ya sean intrínsecos o extrínsecos. En este trabajo se trata la relación de las cadenas musculares con las plantillas posturales, mostrando el vínculo de las cadenas con la extremidad inferior y más en concreto con la musculatura intrínseca del pie, siendo esta musculatura la primera en recibir el estímulo o en proyectar una respuesta.

Se realiza un breve retorno a los orígenes de las cadenas musculares, sus autores, y se desarrolla el concepto de la relación con el sistema postural global a partir del captor podal. De este modo, se explica la relación que mantienen con las plantillas posturales.

## **ABSTRACT**

The muscular chains represent dynamic and static structures which follow circuits of continuity and planes through the body is capable to organize the forces that propagate itself. Fascias are fibrous membranes of connective tissue that have an intimate relationship with the chains as they surround them and both form part of the myofascial complex. From this complex and jointly with the postural tonic system and central nervous system (CNS) the body is able to create a response to an intrinsic or extrinsic stimulus. In this work we will treat the relationship of the muscular chains with postural insoles, analyzing its link with the lower extremity, seeing the nexus that they maintain with the intrinsic musculature of the foot, being this musculature the first one to receive the stimulus or to project a response. We will make a brief return to the origins of the muscular chains, their authors, and we will develop the idea of the relationship with the global postural system from the feet receptors. In this way, we will link these concepts with the connection that they maintain with postural insoles.

## **PALABRAS CLAVE**

Cadenas musculares, plantillas propioceptivas, postura corporal, mecanorreceptores plantares.

## **KEYWORDS**

Muscular chains, proprioceptive insoles, corporal posture, foot mechanoreceptor.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el concepto de cadenas musculares se está asentando de forma sólida en la comunidad científica relacionada con las ciencias de la salud, aunque todavía se centra en la descripción anatómica más tradicional, basada en un modelo de movimiento más bien biomecánico<sup>(1)</sup>. Esto implica que no ofrece la idea de transmisión o integración ininterrumpida de la globalidad, no tan lineal sino más helicoidal y tridimensional, es decir, integración en todos los planos.

En el modelo convencional se encuentra lo que autores como T. Myers denominan como la “teoría de músculos aislados”<sup>(1)</sup>. En ella, prácticamente todos los músculos presentan una función sin una relación de transmisión continua, no sólo de las mismas sino con las demás estructuras que los rodean. De esta manera olvidamos la idea globalizadora que intenta sobrepasar esta creencia de “músculos aislados” para acercarnos al concepto de integración y complejidad de los sistemas. Cuando una parte del cuerpo recibe un estímulo, todo el cuerpo y no sólo la parte afecta, reacciona ante esa situación<sup>(1)</sup>.

Los sistemas más globalistas u holísticos se analizan desde la teoría del Caos y sus fractales<sup>(2)</sup>. Esta teoría trata los sistemas complejos y dinámicos, que se supone que deben seguir un comportamiento predecible, pero en realidad por factores externos, variables e impredecibles siguen un comportamiento inesperado. A partir de ella se ha demostrado que en los sistemas orgánicos, como si de una ecuación logística se tratara, se puede aplicar un comportamiento caótico<sup>(3)</sup>. Este comportamiento no lineal se muestra en los sistemas biológicos y biomecánicos, siendo difícil la relación acción-reacción exacta que tanto esperamos<sup>(4)</sup>. De este comportamiento no lineal del cuerpo, se observan propiedades que describen las interacciones orgánicas, tanto a nivel micro (célula) como macro (músculos y huesos); tales como la tensegridad<sup>(5)(6)(7)(8)</sup>.

La tensegridad es una propiedad que poseen los organismos vivos que consiste en el equilibrio de las estructuras a partir de una pretensión de las mismas. Este concepto tiene su origen en la arquitectura de Fuller (1975)<sup>(9)</sup>, que la describió como “*la continua presión y la discontinua compresión*”<sup>(10)</sup>, evolucionando durante el siglo XX hasta la actualidad y aplicándose por primera vez en biología por Ingber et al a los organismos<sup>(6)(10)(11)(12)</sup>. Ingber et al<sup>(13)</sup> consideraba al individuo como una estructura tensegrítica<sup>(3)</sup>, en la cual la tensión está equilibrada y bien distribuida. La estructura y la dinámica de la célula y tejidos obedecen a principios tensegríticos<sup>(14)(12)</sup>. Por ello a nivel micro, se encuentran estructuras como el citoesqueleto que tiene elementos de compresión (microtúbulos y filamentos intermedios) y estructuras de tensión como los filamentos de actina, con capacidad contráctil<sup>(3)</sup>. Y a nivel macro, se considera a los huesos como los componentes comprimidos y a la fascia como los componentes que traccionan. Desde esta óptica, el esqueleto es como una estructura de compresión continua, pero realmente si se eliminan

las partes blandas se observa como los huesos no están unidos entre ellos. Por ello el equilibrio de este conjunto de estructuras es el componente clave que mantiene nuestro cuerpo erguido <sup>(1)</sup>.

Todo este conjunto de elementos forma los sistemas miofasciales, que interactúan entre ellos y con otros sistemas orgánicos. Las redes fasciales lo envuelven todo, se utilizan para referirse a las expansiones fibrosas que envuelven los músculos, extendiéndose a través del cuerpo y uniendo todos los elementos corporales<sup>(15)</sup>, creando un continuo entre ellos. Definiendo así, la postura y su vínculo con las cadenas musculares<sup>(16)(17)</sup>, que son la base de este trabajo.

## **OBJETIVOS**

- Explicar la relación de las cadenas musculares globales con la extremidad inferior.
- Describir las relaciones de la musculatura intrínseca del pie como último o primer eslabón en la comunicación ascendente o descendente de la propiocepción global de dichas cadenas.
- Detallar la relación de la sensibilidad exteroceptiva plantar con la postura corporal global.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La búsqueda bibliográfica se realizó entre los meses de noviembre de 2016 y abril de 2017. Los motores de búsqueda principales elegidos fueron PubMed y Science Direct. Google scholar se usó para completar búsquedas en las que no hubiera información suficientemente relevante para el trabajo. Ambos motores de búsqueda principales son de acceso abierto para los estudiantes de la Universidad de Barcelona, facilitando así su uso y obtención de datos. Google Scholar es un motor de búsqueda gratuito que da toda la información actualizada sobre las palabras clave introducidas.

En primer lugar, la búsqueda se enfocó en los conceptos base como modelos biológicos actuales, la tensegridad, sistemas no lineales y cadenas miofasciales, fundamentales para poder realizar una introducción al trabajo. Las palabras clave utilizadas en esta fase fueron [“tensegrity” OR “biotensegrity”], [(“nonlinear systems AND tensegrity) AND (“biological systems”)] y [“tonic postural system”]. A continuación, en los resultados, la búsqueda se focalizó en los autores principales que hacen referencia a las cadenas musculares y vías y centros nerviosos. Las palabras clave utilizadas en esta fase fueron [“Gagey PM[Author]”], [“Baron JB[Author]”], [“Ingber DE[Author]”], [“mechanotransduction AND cells”], [“muscular chains”] y [“mechanoreceptors AND feet”]. Los criterios de inclusión y exclusión se basaron en incluir todos aquellos artículos comprendidos entre los años 1970 hasta 2017, siempre que incluyeran los descriptores citados anteriormente en el título o resumen. Se excluyeron todos aquellos artículos que eran duplicados en las distintas bases de datos.

Finalmente se encontraron un total de 535 artículos (462 PubMed y 73 Science Direct). Tras aplicar los filtros de cribaje, fueron descartados 430 por no contener información relevante para el

trabajo o bien ser duplicados. De los 93 restantes, a partir de los resúmenes junto con el idioma del artículo, resultaron ser relevantes para los objetivos del estudio 31.

Además de la búsqueda en bases de datos biomédicas, se han utilizado otras fuentes para la extracción de información; un total de 3 tesis doctorales, 1 clase magistral del máster de Posturología de la Universidad de Barcelona y 20 libros. Aunque por motivos de comprensión lingüística hay 4 libros que fueron descartados. Las fuentes externas a las bases de datos, finalmente, fueron elegido 20 para el trabajo. Estos tienen relación con los autores principales y hablan de los sistemas miofasciales, las cadenas musculares y su tratamiento, el sistema nervioso y su funcionamiento, la postura corporal global y la posturología.

La descripción del proceso se puede observar en la Figura 1, donde se adjunta el diagrama de flujos PRISMA.

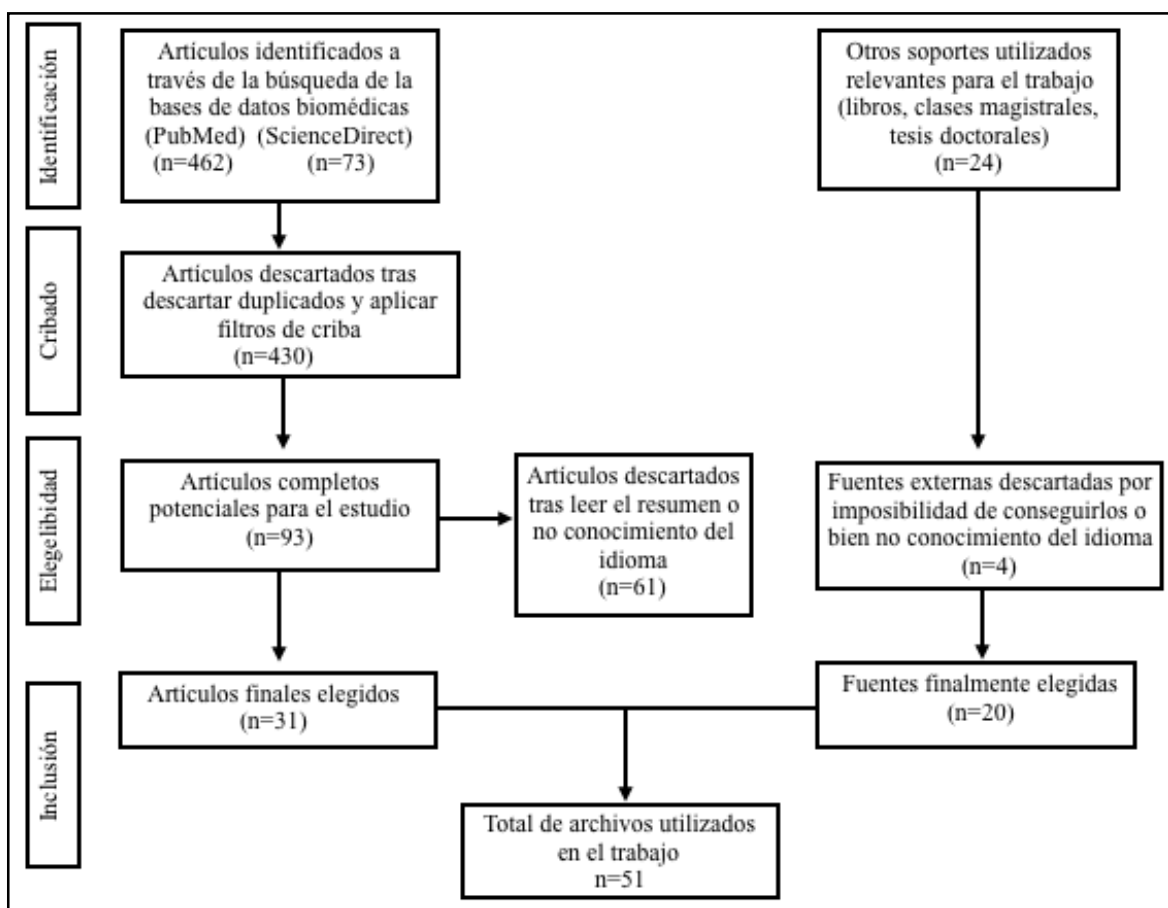


Fig. 1. Diagrama de flujos PRISMA<sup>(18)</sup>

## RESULTADOS

François Mezières fue la primera en introducir los conceptos de globalidad, tonicidad y cadena muscular. En 1947 empezó a observar a sus pacientes, analizando las desviaciones raquídeas en el sentido anteroposterior y frontal, identificando una única cadena, la posterior. Esta cadena posterior tenía su origen cefálico recorriendo la zona de la columna, incluyendo el plexo braquial y llegando hasta los pies. Las deformaciones torácicas y de los miembros las atribuyó a la rigidez de los músculos de los canales vertebrales, a algias de la misma zona o desigualdades o las actitudes patológicas de los miembros<sup>(19)</sup>. Estas atribuciones dieron origen al método Mézières, publicado en 1984 en forma de postulados o leyes:

- El origen de los problemas del raquis está en la tensión excesiva de la cadena posterior, todo acortamiento parcial de la musculatura posterior provoca una retracción del conjunto de la cadena.
- La lordosis es primaria, las demás deformaciones son secundarias a ella.
- Reflejo antiálgico a priori: el cuerpo detecta el problema y se adapta a él para evitar el dolor<sup>(20)</sup>.

En 1980 Philippe Souchard, incluyó a la teoría de Mezières la actuación de una cadena anterior, a parte de la posterior. Este fisioterapeuta diferencia los músculos de la estática y los músculos de la dinámica, siendo las *cadena cruzadas dinámicas* y las *rectas estáticas*. Los músculos de la estática están hechos para poder resistir las agresiones, volviéndose como adaptación más rígidos. De este modo, introduce a los músculos estáticos dentro de las cadenas funcionales, unidos por un sistema de fascias y aponeurosis, siendo imposible no actuar sobre un músculo sin alterar toda la cadena.

P. Souchard estipuló unos mecanismos de defensa que adopta el cuerpo:

- No sufrir, el cuerpo realizará cualquier tipo de adaptación con tal de no padecer.
- Principios hegemónicos, refiriéndose a las funciones básicas que debe realizar el cuerpo por vías musculares, como la respiración, alimentación, locomoción y mirada horizontal<sup>(21)</sup>.

Posteriormente, entre los años 60 y 70, Godelieve Denys Struyf, fisioterapeuta, osteópata, antropóloga y psicomorfóloga belga, discípula de F. Mézières, empezó a desarrollar su propio método, llamado GDS (sus iniciales) fruto de la observación de gran cantidad de pacientes<sup>(22)</sup>. Como resultado pudo verificar un método de análisis psico-corporal, incluyendo las influencias viscerales y la relación de las cadenas musculares con la globalidad del cuerpo humano. Cuando ciertas cadenas se presentan con más fuerza, se observan unas tendencias más pronunciadas y unos puntos débiles más evidentes por cada cadena. Este método nos da información morfogénica clara, dependiendo de nuestra genética, vivencias y tendencias a lo largo de nuestra vida. Cada cadena tiene una función concreta de cara al crecimiento de la persona y a su experiencia a lo largo del

camino; por ello, predominan algunas cadenas más que otras. Si nos quedamos anclados en cadenas en concreto, no interactuamos entonces de una manera libre o fisiológica. Todas estas tendencias más marcadas, se muestran en una serie de inercias de nuestra postura<sup>(22)</sup>.

De su trabajo nacieron cinco cadenas, tres más de las que nombra Souchart. Todas ellas tienen su nacimiento en la zona más coronal del cuerpo y finalizan en la zona más distal, es decir, el pie<sup>(23)</sup>. Las cadenas que presentó Struyf Denis fueron<sup>(23)(24)(25)(26)(27)</sup>:

- PosteroMediana (PM): se sitúa en la zona medial y posterior del cuerpo, su función principal es propulsar el cuerpo hacia delante. Permite la bipedestación frenando la caída del cuerpo hacia delante. Los músculos que forman la PM a nivel de extremidad inferior son: la musculatura glútea profunda, pelvicantéreos, semimembranoso, semitendinoso, poplíteo y sóleo. En cuanto a la musculatura del pie: flexor corto y largo del primer dedo y de los dedos junto con el cuadrado plantar y aponeurosis<sup>(23)(24)</sup>.
- AnteroMedianas (AM): se sitúa en la zona medial y anterior del cuerpo, su función es retropulsar el cuerpo. Los músculos que forman la AM a nivel de la extremidad inferior son: psoasílico, sartorio, piramidal, aductores, recto interno, gastrocnemio medial y tibial anterior, extensores de los dedos y como musculatura intrínseca del pie: aductor del hallux<sup>(23)(25)</sup>.
- AnteroLaterales (AL): se sitúa en la zona anterior y lateral del cuerpo. Aproxima, flexiona y rota internamente las extremidades. A nivel de la extremidad inferior, los músculos que actúan en esta cadena son: sartorio, glúteo menor y tensor de la fascia lata, tibial posterior, que lleva al peroné a una rotación externa; y el tibial anterior, que lleva a la tibia a rotación interna. A nivel intrínseco del pie actúan los interóseos, lumbricales y abductor de Hallux<sup>(23)(27)</sup>.
- PosteroLaterales (PL): se sitúa en la zona lateral y posterior del cuerpo, separa y rota las extremidades. Los músculos que la forman en la extremidad inferior son: fibras superficiales del glúteo mayor, obturador interno, géminos superior e inferior, cintilla iliotibial, vasto externo del cuádriceps, glúteo medio, bíceps femoral, gemelo externo, plantar delgado, peroneo lateral corto y largo. A nivel del pie el fascículo oblicuo del primer dedo y los interóseos<sup>(23)(26)</sup>. En la Figura 2 observamos la relación que comparten las tres cadenas nombradas con anterioridad.

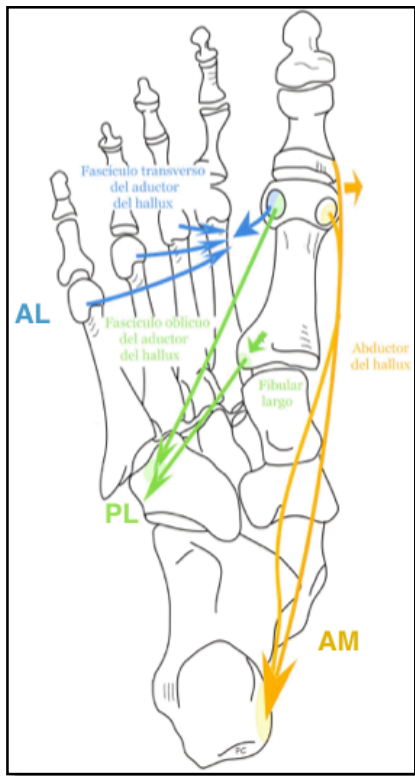


Fig. 2. Del equilibrio de tensiones entre PL, AL y AM depende el buen anclaje del primer dedo al suelo. PL y AL mantienen el primer metatarsiano en el eje, permitiendo a al AM anclar la base del primer dedo<sup>(25)</sup>.

- PosteroAnteriores (PA): se sitúa en la zona central del tronco, próximo a la columna vertebral, en la zona posterior. Y Antero Posteriores (AP): se sitúa en la zona central del tronco, próximo a la columna vertebral, pero a diferencia de PA, en la zona más posterior.

Ambas cadenas mencionadas anteriormente se les considera una estructura dinámica, siendo la encargada del ritmo respiratorio; PA la que se activa durante la inspiración y AP la que interviene durante la espiración. La musculatura de la extremidad inferior que está implicada son el vasto interno, extensor corto y largo de los dedos<sup>(23)</sup>.

El cuerpo humano, por tanto, está dirigido por la cadena PA-AP y sostenido por una tensión equilibrada de las cadenas PM y AM. En la Figura 3 observamos las cinco cadenas musculares-que nombró Struyf Denis.

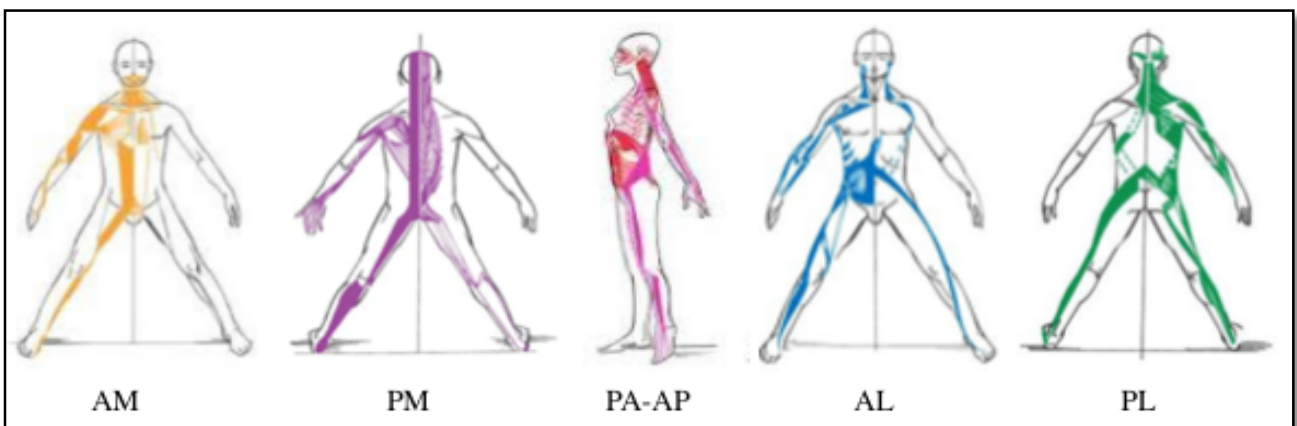


Fig. 3. Distintos tipos de cadenas con la musculatura implicada en cada una<sup>(23)</sup>.



Todo este conjunto de cadenas musculares forma parte casi indispensable del sistema tónico postural o sistema postural. La función de este sistema es el mantenimiento de una postura de la manera más harmónica posible, situándonos en el espacio y equilibrando nuestros movimientos<sup>(28)</sup>. Este conjunto conforma un cúmulo de reacciones en cadena que permiten relacionarnos con el medio externo y el nuestro propio. Para poder realizar todo este mecanismo de comunicación ininterrumpida el cuerpo se sirve de distintas aferencias sensoriales<sup>(28)</sup>: los captosres exteroceptivos como el oído (sistema vestibular, Flourens 1886<sup>(29)</sup>), el sistema ocular (Romberg 1846<sup>(30)</sup>) y el captor podal (Heyd 1860<sup>(31)</sup>), y de los endoceptores (propioceptores y visceroreceptores). Schmied en 1993 demostró que la sincronización de las unidades motoras se modifica según retroalimentación visual y auditiva, por lo que se deduce que las fascias tienen un papel activo en estos mecanismos periféricos que controlan las sinergias musculares<sup>(17)</sup>. Estas aferencias son las encargadas de mantener al regulador central comunicado, el sistema nervioso central (SNC), de toda la información somatosensitiva, nociceptiva y termoceptiva que reciben<sup>(32)</sup>. A pesar de que los datos que recibe el SNC pueden tener distintos orígenes, para el objetivo de este trabajo nos centraremos en la información somatosensitiva, que es la de carácter mecano-receptivo y propioceptivo. Mientras que los mecanoreceptores cutáneos dan información sobre los estímulos externos, los propioceptores informan de la posición detallada en el espacio<sup>(32)</sup>.

Los mecanoreceptores se encuentran en la piel y son captosres heterogéneos que transmiten los estímulos al lóbulo parietal<sup>(33)</sup>. Según la distinta naturaleza de los mismos y las diversas fibras nerviosas aferentes<sup>(34)</sup>, se diferencian las encapsuladas de las no encapsuladas. Las encapsuladas engloban:

- Terminaciones nerviosas libres: se extienden por todo el cuerpo en epidermis y dermis. Detectan el dolor, el tacto protopático, la presión y la sensación de cosquilleo<sup>(32)(35)</sup>.
- Discos de Merkel: se encuentran en la epidermis por debajo de las crestas dérmicas. Se encuentran en gran porcentaje en los dedos y folículos. Son receptores de tacto de adaptación lenta, transmiten información sobre el grado de presión ejercida<sup>(32)(35)</sup>.
- Receptor de folículos pilosos.

Y las no encapsuladas engloban:

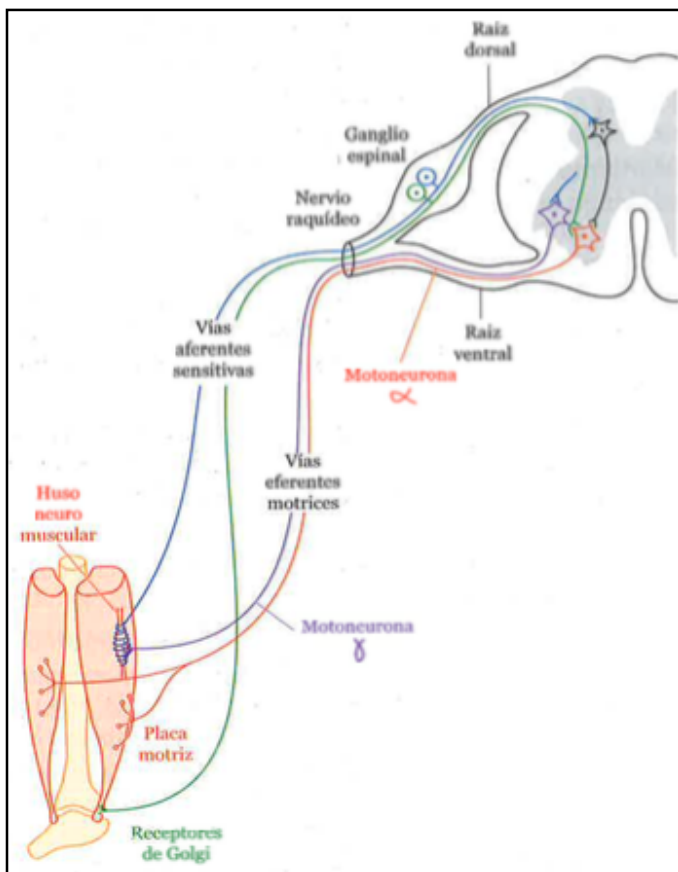
- Corpúsculos de Meissner: se localizan en las papilas dérmicas. Son fibras de adaptación rápida, detectan el movimiento y control de agarre<sup>(32)</sup>.
- Corpúsculos de Pacini: localizados en las dermis y tejidos más profundos, detectan la vibración<sup>(32)</sup>.
- Corpúsculos de Ruffini: se localizan en la dermis y detectan el estiramiento de la piel<sup>(32)</sup>.

Los propioceptores se dividen en:

- Husos musculares: se encuentran en todos los músculos estriados (esqueléticos)<sup>(32)</sup> y rodeados por una cápsula de tejido conjuntivo que los une a las miofibrillas y en algunos casos a los tendones<sup>(15)</sup>. Las aferencias sensitivas se enrollan alrededor de la porción central del huso intrafusar de manera que la tensión de las fibras activa los canales iónicos que desencadenan los potenciales de acción. La inervación de los husos musculares se origina por dos clases de fibras:
  - Primaria: respuesta rápida a los cambios de longitud (aferencias grupo I a).
  - Secundaria: respuesta sostenidas (aferencias grupo II).
- Órganos tendinosos de Golgi: encargados de transmitir los cambios de tensión (aferencias grupo I b)<sup>(32)</sup>.
- Receptores articulares: son poco importantes en relación a la propiocepción de las extremidades pero sí con respecto a la posición de los dedos de las manos<sup>(32)</sup>.

Toda la información que recolectan estos receptores somatosensitivos se procesa cuando llega al SNC, integrándose y elaborando una respuesta, que se materializa en el estado de contracción de los músculos, es decir, su tono. Latash 2016<sup>(36)</sup> define que “los sistemas vivos son aquellos que son capaces de crear uniones y cadenas entre sí mismos de la manera más estable, de modo, modifican sus parámetros para crear nuevos comportamientos”. En otras palabras, las modulaciones del tono, ya sean por aumento o disminución del mismo, dependen de los mensajes procedentes del SNC, concretamente del cerebelo y de la médula espinal. El tono no solo se refiere a una característica única de los músculos, sino el estado de contracción-tensión constante<sup>(15)</sup>. Para mantener la longitud constante de los músculos los efectores musculares estimulan nuevamente los demás receptores que envían nueva información a los centros neurológicos, desempeñando un ciclo de retroalimentación llamado arco reflejo(Fig. 4)<sup>(32)</sup>.

Las desviaciones en la longitud deseada son detectadas por los husos musculares, porque los incrementos o disminuciones en el estiramiento de las fibras intrafusales alteran el nivel de la actividad de los axones de los husos<sup>(32)</sup> desempeñando su función en el mantenimiento de la postura y de las actividades motrices (Gurfinkel 1974<sup>(37)</sup>).



*Fig. 4. Reflejo miotático representado gráficamente. Consiste en una neurona aferente que proviene del receptor sensorial ya sea intra (husos musculares) o extrafusar (receptores de Golgi), pasando por la raíz dorsal de la médula, siendo este el primer nivel de control. Posteriormente una neurona eferente (gamma o alfa) efectúa la acción. La motoneurona alfa produce estiramiento y la motoneurona gamma, que inerva los husos musculares, es excitadora y aumenta el tono<sup>(23)(34)</sup>.*

El equilibrio vertical humano se mantiene mediante el tono muscular y las acciones musculares que desempeñan. Cuando se altera el equilibrio, la postura vertical se ajusta mediante una serie de reflejos posturales que pueden ser iniciados por la información aferente procedente de vías visuales, vestibulares y somatosensoriales (Nashner et al., 1979; Black et al., 1989; Brand, 1988; Manchester et al., 1989)<sup>(38)</sup>.

Magnus en 1924 determinó la importancia que tenían la información propioceptiva, visual y táctil para el equilibrio postural. En 1981 Watanabe y Okubo<sup>(39)</sup> verificaron la relación de éstos junto con el factor psicológico también. Posteriormente, Aniss et al. en 1992 y Conway et al. en 1995 demostraron la implicación de la sensibilidad plantar en la regulación refleja de la locomoción<sup>(40)</sup>. La entrada somatosensorial de la extremidad inferior se ha reconocido como una importante fuente de información sensorial para controlar el equilibrio<sup>(41)</sup>, incluyendo las aferencias cutáneas plantares en el control de equilibrio<sup>(42)</sup>. Así mismo, la aferencia plantar proporciona una información detallada espacio temporal en cuanto a la presión y la marcha humana<sup>(43)(44)</sup>. Morasso y Schieppati en 1999 observaron como la percepción de fuerzas bajo los pies se utiliza también para realizar una estimación interna de la ubicación del centro de gravedad. Y es que mecánicamente, el mantenimiento del centro de gravedad nos permite mantenernos en pie<sup>(45)</sup>. Numerosos estudios han mostrado que los receptores plantares cutáneos participan en este control del equilibrio<sup>(46)(47)</sup>,

viendo que la sensibilidad a la presión está sobre todo situada en la planta del pie, (sensibles a menos de 1g de presión<sup>(48)</sup>) especialmente en los receptores de Merkel y Meissner<sup>(45)</sup>, además de la fuerza, textura o dureza<sup>(46)</sup>. El papel de esta información sensorial es informar al SNC sobre las fuerzas de reacción al suelo cuando el cuerpo se balancea<sup>(46)</sup>.

Forth y Layne aplicando un estímulo de 3 mm de grosor en la cara plantar lateral comprobaron que se activaba la musculatura flexora plantar<sup>(46)</sup>. El factor común de los estudios es que observan que induciendo cambios en la planta del pie, o bien produciendo isquemia en el tobillo o anestesia de la planta, los sujetos sufren modificaciones apreciables para mantener la postura<sup>(45)(47)(49)(50)(51)</sup>. La verticalidad del cuerpo por las entradas plantares es el resultado del contraste entre la presión ejercida en las distintas partes de la planta del pie o entre ambos pies<sup>(49)</sup>.

Por lo que se refiere a las plantillas posturales exteroceptivas, éstas se caracterizan por producir pequeños estímulos de presión en la planta del pie. Se colocan mini relieves o bien en forma de elementos en la parte interna, externa, anterior y/o posterior o bien en forma de barras transversales. Los pequeños relieves se aplican acorde con la información que obtenemos en los test neuromusculares y exteroceptivos podoposturales, los cuales nos aportan información sobre el tono global y sus posibles asimetrías (test de Fukuda, test de convergencia, test de Romberg, test de fascias y bucles)<sup>(48)</sup>.

## DISCUSIÓN

Aunque es cierto que existen modelos más globalistas que otros, no podemos considerar al cuerpo humano y sus segmentos como partes aisladas entre sí y sin comunicación aparente, ya que forman parte de un todo. Si hacemos una analogía, no se puede entender el funcionamiento de una máquina sin apreciar que funciona gracias a todas sus piezas.

Sobre las cadenas musculares, la mayor parte de la información se encuentra en soportes físicos como libros. Los autores citados en los resultados forman parte de una generación de profesionales que van evolucionando en conocimiento y cada uno va aportando más información sobre el tema. L. Busquet<sup>(16)(52)</sup> en cambio realiza una síntesis de los grandes autores como Mézières, Souchart, Struyf, ayuda a entender determinados aspectos más analíticos de la práctica clínica. Al recoger la información, la mayoría de publicaciones no poseían un suficiente nivel de evidencia científica que avalara los dos primeros objetivos del trabajo. Por el contrario, en cuanto a la relación de la sensibilidad exteroceptiva plantar con la postura corporal global sí que existe información más rigurosa.

Por tanto, la primera futura línea de investigación sería demostrar a través de estudios experimentales con tamaños muestrales suficientes que permitan conseguir significancia estadística la relación entre los puntos de estímulo podal y la afectación de cada cadena, para poder ser más

precisos, y realizar un mapeado concreto de la planta; deduciendo así las zonas a estimular según la patología. Otra futura línea de investigación sería reunir todas los sistemas e intentar crear un método común aplicable por todos los profesionales sanitarios.

## CONCLUSIÓN

A partir de este trabajo se puede concluir que:

- Las cadenas musculares globales son un conjunto miofascial que tiene íntima relación con la extremidad inferior gracias a que todas las cadenas musculares pasan y forman parte activa de la misma, además de la extensión del sistema fascial que lo rodea y comunica todo.
- La musculatura intrínseca del pie actúa como último eslabón de las cadenas plurimusculares, siendo el primer y/o último enlace. Este objetivo se valida junto con el objetivo anterior viendo: en primer lugar, el recorrido de las cadenas musculares que nacen cranealmente y finalizan en el pie, observando por ejemplo AM con el abductor del hallux, AL con el fascículo transverso del aductor del hallux y PL con el fascículo oblicuo del aductor del hallux o el perone largo, de esta manera observamos la implicación de dichas cadenas en el pie. En segundo lugar, el tono muscular se ve modificado por el arco reflejo o reflejo miotático, inducido gracias al conjunto de las cadenas musculares, el SNC como centro regulador, y el sistema tónico postural como encargado de mantener el equilibrio ortoestático. Esto permite al cuerpo reaccionar de manera automática a todos los estímulos que recibe en cada momento, siendo el pie la interfase entre el suelo y el equilibrio, y así el primero en recibir el estímulo o el último en dar una respuesta.
- En cuanto a la relación de sensibilidad exteroceptiva plantar con la postura corporal global: el pie es un potente captor para enviar o recibir información, compuesto por distintos receptores propioceptivos y exteroceptivos. Así mismo, el mínimo estímulo (menos de 1g de presión) produce una reacción y desencadena una serie de respuestas. El input, por vía ascendente llega al SNC, donde por los automatismos reflejos del sistema extrapiramidal y los efectores musculares, configuran una respuesta de retorno de forma descendente, creando así un sistema de retroalimentación. De este modo, se mantiene la postura global mediante la acción continua de las fibras musculares tónicas y tónico fásicas. Por ello, las plantillas posturales con sus zonas de mínimo grosor, estimulan reflejos posturales que producen cambios posicionales globales sobre el eje vertical del cuerpo y en consecuencia en el plano transversal y horizontal.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Thomas W. Myers. *Vías Anatómica*. Elsevier; 2010. 296 p.
2. Romanelli L. Teoría del caos en los sistemas biológicos. *Rev Argent Cardiol*. 2006;74:478–82.
3. Alonzo R. La evolución biológica como sistema autorganizado. *Cienc*. 2005;26–34.
4. Alvarez DL. Complejidad, Caos y Sistemas biológicos. *Rev Fac Med*. 2000;22(1):8–13.
5. Jáuregui VG. *Tensegrity Structures and their Application to Architecture* [Internet]. Queen's University Belfast; 2004 [cited 2017 Jan 4]. Disponible en: [http://www.tensegridad.es/Publications/MSc\\_Thesis-Tensegrity\\_Structures\\_and\\_their\\_Application\\_to\\_Architecture\\_by\\_GOMEZ-JAUREGUI.pdf](http://www.tensegridad.es/Publications/MSc_Thesis-Tensegrity_Structures_and_their_Application_to_Architecture_by_GOMEZ-JAUREGUI.pdf)
6. Jean P, Mégret F, Francia DO. La tensegridad , modelo biomecánico para la Osteopatía. 2004;14(Invierno):1–10.
7. Taud H. La estructura mecánica de una célula : Breve introducción. *Lat Am J Phys Educ*. 2013;7:310–7.
8. Ingber DE. Tensegrity-based mechanosensing from macro to micro. *Prog Biophys Mol Biol*. 2008;97(2–3):163–79.
9. Ferkiss V, Fuller RB, Applewhite EJ. *Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking*. *Technol Cult* [Internet]. 1976;17(1):104. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3103256?origin=crossref>
10. Scarr G. Simple geometry in complex organisms. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. 2010;14(4):424–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.11.007>
11. Scarr G. *Biotensegrity : the structural basis of life*. Handspring Publishing; 2014.
12. Ingber DE. Tensegrity I. Cell structure and hierarchical systems biology. *J Cell Sci*. 2003;116(7).
13. Ingber DE. Cellular tensegrity: defining new rules of biological design that govern the cytoskeleton. *J Cell Sci*. 1993;104 ( Pt 3(3):613–27.
14. Ingber DE. Tensegrity II. How structural networks influence cellular information processing networks. *J Cell Sci* [Internet]. 2003;116(Pt 8):1397–408. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12640025>
15. Souchard P. *Reeducación postural global; el método RPG*. 1a Edición. Barcelona: Elsevier Masson; 2012. 186 p.
16. Busquet L. *Las cadenas musculares, Tomo I: el tronco y la columna cervical*. 3a Edición. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2010.
17. Stecco L, Schleip R. Capítulo I: Manipulación fascial. In: *Manipulación fascial : parte práctica*. Amolca; 2011.

18. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* [Internet]. 2009 Dec 4 [cited 2017 May 26];339(jul21 1):b2700–b2700. Disponible en: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.b2700>
19. Goussard J. El método Mézières. *Rev Médecine Orthopédique*. 1987;9:15–7.
20. Cittance JM. Método Mézières. *Encicl Médico-Quirúrgica*. 1999;26(85).
21. Palacín M. La Reeducción Postural Global (RPG) de Philippe Souchart: puntos de ruptura con la Fisioterapia clásica. *Nat Medicat Rev médica para el Estud y difusión las Med Altern ISSN 0212-9078, N° 45 (Invierno), 1996-1997, págs 28-33. 1996;(45):28–33.*
22. Torne L. Las cadenas musculares GDS. 2017.
23. Champignon P. Cadenas musculares y articulares. Método GDS. Aspectos biomecánicos, Nociones es base. 2ª Edición. Lecina Verdú Editores Independientes; 2008.
24. Champignon P.. Cadenas musculares y articulares. Método GDS. Cadenas del eje vertical, Tomo II. Cadenas postero medianas (PM). 2ª Edición. Lecina Verdú Editores Independientes; 2013.
25. Champignon P.. Cadenas musculares y articulares. Método GDS. Cadenas de la personalidad. Tomo I: Cadenas AnteroMedianas (AM). 1st ed. Lecina Verdú Editores Independientes; 2010.
26. Champignon P.. Cadenas musculares y articulares. Método G.D.S. Cadenas relacionales. Tomo III: Las cadenas Postero-laterales. 1st ed. Lecina Verdú Editores Independientes; 2007.
27. Champignon P.. Cadenas musculares y articulares. método G.D.S. Aspectos biomecánicos. Cadenas Antero-laterales. 1st ed. Lecina Verdú Editores Independientes; 2005.
28. Bricot B. Postura normal y posturas patológicas. *Rev IPP* [Internet]. 2008;1–13. Disponible en: <http://www.montsepladevall.cat/estudi/pdf/posturaNormalPosturaPatologica.pdf>
29. Vaamonde P. Relaciones entre las vias vestibuloocular y vestibuloespinal tras la estimulación vestibular [Internet]. Universidad de Compostela; 2001. Disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcjq0x7>
30. Rogers JH. Romberg and his test. *J Laryngol Otol* [Internet]. 1980 Dec [cited 2017 Apr 17];94(12):1401–4. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6969283>
31. Kavounoudias A, Roll R, Roll JP. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *J Physiol* [Internet]. 2001 May 1 [cited 2017 Apr 17];532(Pt 3):869–78. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11313452>
32. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, William C Hall. Sensibilidad y procesamiento sensitivo. *Neurociencia*. Buenos aires; 2012. p. 407–527.

33. Delmas A GL. Vías y centros nerviosos. 7 Edición. Masson; 1997.
34. Snell R. Fibras nerviosas, nervios periféricos, terminaciones receptoras y efectoras, dermatomas y actividad muscular. Neuroanatomía Clínica. 2nd ed. Buenos aires; 2006. p. 75–147.
35. Cordero A. Biología de la piel: estructura y funciones. 1a ed. Panamericana, editor. Buenos aires; 1996.
36. Latash ML, Krishnamoorthy V, Scholz JP, Zatsiorsky VM. Postural synergies and their development. *Neural Plast.* 2005;12(2–3):119–30.
37. Gurfinkel' VS, Lipshits MI, Popov KE. [Is the stretch reflex a basic mechanism in the system of regulation of human vertical posture?]. *Biofizika* [Internet]. [cited 2017 Apr 17];19(4):744–8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4425696>
38. Wu G, Chiang JH. The significance of somatosensory stimulations to the human foot in the control of postural reflexes. *Exp Brain Res.* 1997;114(1):163–9.
39. Watanabe I, Okubo J. the Role of the Plantar Mechanoreceptor in Equilibrium Control. *Ann N Y Acad Sci.* 1981;374(1):855–64.
40. Conway BA, Knikou M. The action of plantar pressure on flexion reflex pathways in the isolated human spinal cord. *Clin Neurophysiol.* 2008;119(4):892–6.
41. Kennedy PM, Inglis JT. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *J Physiol.* 2002;538(Pt 3):995–1002.
42. Meyer PF, Oddsson LIE, De Luca CJ. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Exp Brain Res.* 2004;156(4):505–12.
43. Perry SD, McIlroy WE, Maki BE. The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. *Brain Res.* 2000;877(2):401–6.
44. Gallasch E, Golaszewski SM, Fend M, Siedentopf CM, Koppelstaetter F, Eisner W, et al. Contact force- and amplitude-controllable vibrating probe for somatosensory mapping of plantar afferences with fMRI. *J Magn Reson Imaging.* 2006;24(5):1177–82.
45. Bernard-Demanze L, Burdet C, Berger L, Rougier P. Recalibration of somesthetic plantar information in the control of undisturbed upright stance maintenance. *J Integr Neurosci.* 2004;3(4):433–51.
46. Janin M, Dupui P. The effects of unilateral medial arch support stimulation on plantar pressure and center of pressure adjustment in young gymnasts. *Neurosci Lett* [Internet]. 2009;461(3):245–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2009.06.043>
47. Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles. *Neurosci Lett.* 2001;302(1):45–8.



48. Beltrán I. Plantillas posturales exteroceptivas. *Rev IPP*. 2008;1:1–16.
49. Roll R, Kavounoudias A, Roll J-P. Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness. *Neuroreport*. 2002;13(15):1957–61.
50. Sayenko DG, Vette AH, Obata H, Alekhina MI, Akai M, Nakazawa K. Differential effects of plantar cutaneous afferent excitation on soleus stretch and H-reflex. *Muscle and Nerve*. 2009;39(6):761–9.
51. Nurse MA, Nigg BM. Quantifying a relationship between tactile and vibration sensitivity of the human foot with plantar pressure distributions during gait. *Clin Biomech*. 1999;14(9):667–72.
52. Busquet L. *Las cadenas musculares, Tomo IV: miembros inferiores*. 2a Edición. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2010.

