

Introducción a la biomecánica del pie (VII)

M. RUEDA

Podólogo.

**Centro de Estudios del Pie
Profesor de la Univ. Internacional de
Catalunya. Escola Gimbernat**

CORRESPONDENCIA:

Martín Rueda

Avda. Generalitat, 5, 4ª Planta

08922 – Sta. Coloma de Gramenet

e-mail: martinrueda@martinrueda.com

Número correspondiente al séptimo de una serie de artículos monográficos dedicados a la anatomía y funcionalidad del pie.

Contamos con la colaboración de un prestigioso especialista en esta materia, el Sr. Martín Rueda, autor de una extensa obra referida al pie, y reputado profesional en este campo.

Esta serie de artículos abarca varios números de la revista y constituirá en conjunto un pequeño tratado de anatomía funcional y biomecánica del pie.

LA FUNCION MUSCULAR

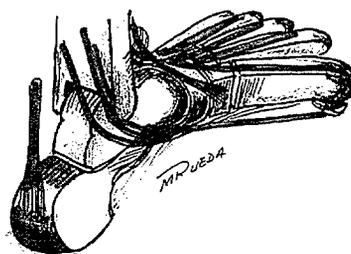
La estabilidad de los componentes óseos está asegurada dentro de unos márgenes por su propia configuración anatómica, por las estructuras cápsulo-ligamentosas y por la acción de la gravedad.

Cuando existe una situación de desequilibrio se produce un estiramiento de las partes blandas y una estimulación de los receptores intraarticulares, solicitando en ese momento, a través de los receptoresmiotendinosos, la entrada en escena de otros elementos que tendrán la misión de tensionar para reconducir el centro de gravedad y seguir manteniendo una situación estable.

Estos mecanismos activos, o músculos, son capaces de modificar constantemente su tensión en virtud a unos requerimientos mecánicos y se organizan transversalmente a los planos articulares, formando tirantes o cadenas, y el trabajo que cada uno debe realizar ya está perfectamente definido por su situación con relación al plano articular y por la distancia de sus inserciones con respecto al punto de flexión (brazo de la palanca).

De esta manera, siempre que un segmento pierde su aplomo, se origina una tensión, que es automáticamente compensada en otro punto de la cadena con un nuevo desequilibrio en sentido opuesto al primero, con la misión de evitar que el

Los tirantes musculares se organizan perpendicularmente a los ejes articulares



resto de la estructura se resienta. Podríamos decir que los centros de carga de cada articulación están organizados sobre un eje que representa una fuerza vertical, y que cuando alguno de ellos se desplaza de este eje, que en la extremidad hemos aceptado como eje de Mickuliz, se genera una fuerza desestabilizadora directamente proporcional a la desviación lateral de dicho punto, que en mecánica se considera un par de fuerzas.

No entraré en la descripción anatómica de las estructuras musculares, pero si trataré de resumir su función, en la que, al igual que ocurría con las estructuras óseas, veremos que ante todo se busca la perfección y la economía y que la misión de equilibrar y reconducir un centro de masas en un plano determinado del espacio, se consigue con un mínimo consumo

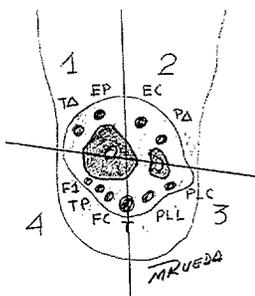
cuando la estructura trabaja equilibrada, requiriendo en cambio una gran carga energética cuando se pierde la alineación de los componentes.

Bajo este concepto de unidad es interesante entender que cada músculo está organizado dentro de unos tirantes compuestos por más músculos y que en conjunto forman unas mallas externas perfectamente orientadas y compensadas. Por tanto, cuando algún punto falla, se sobresolicita a otro, originando los reajustes necesarios a base de nuevos desequilibrios de tensión, es decir, a base de sobrecargas. Lógicamente estas sobrecargas no se limitan a la estructura muscular, ya que originan momentos de tensión o de fricción también sobre las estructuras óseas y articulares. Es obvio entonces pensar que no sería serio ver las cosas aisladas, sino tratar de integrarlas siempre en un concepto de funcionalidad global.

FUNCION ESTABILIZADORA DE LOS GRUPOS MUSCULARES

Conociendo el eje de cada articulación, su situación en la cadena, el momento secuencial durante la ejecución de un gesto, y la situación e inserción del músculo con relación al eje de movimiento articular, tendremos datos suficientes para entender la mecánica muscular. Haré un pequeño resumen, a modo de recordatorio de los músculos que intervienen estabilizando y direccionando a las articulaciones del pie, para lo que nos será de ayuda el estudio topográfico a partir del corte en un plano transversal por encima de los maleolos.

Corte transversal a nivel maleolar



Si sobre este corte agrupamos a los músculos por el movimiento sinérgico que imprimen al pie alrededor de un eje transversal situado en el eje bimalleolar, y por tanto en el plano sagital. Se obtienen dos grupos.

- Grupo 1: lo forman los músculos que transcurren por delante del eje de flexión del tobillo, y por tanto, su contracción despegará la punta del pie del suelo, aproximando el dorso del mismo hacia la cara anterior de la tibia: serán los flexores dorsales del tobillo.

- Grupo 2: estaría formado por los músculos que se oponen a la acción del primer grupo, es decir, que su contracción tiende a colocar al pie en extensión o flexión plantar, y por tanto estaría integrado por los que nos colocan de puntillas: músculos retromaleolares.

Atendiendo al movimiento alrededor del eje longitudinal, y por tanto en el plano transversal al pie, obtendríamos dos grupos más:

- Grupo 3: lo integrarían todos los músculos que transcurren por la cara interna del pie, cuya contracción elevaría su borde interno del suelo, provocando un varo, una supinación y una aducción.
- Grupo 4: sería el integrado por los músculos que transcurren por la cara externa, y cuya contracción sería la opuesta al grupo 3, es decir, pronadores y abductores

Por tanto se han tomado como referencia dos ejes: un transversal y otro longitudinal, y su intersección nos ha dado cuatro cuadrantes.

Los que transcurren por el cuadrante número 1, al estar por delante del eje bimalleolar y por dentro del longitudinal, colocarán al pie en flexión dorsal y aproximación o aducción. Tendrán una acción sinérgica con los del segundo cuadrante en cuanto a la flexión dorsal, pero antagónica en cuanto a la aducción: tibial anterior y ext. largo del primer dedo.

Los que lo hacen por el cuadrante número dos, serán dorsiflexores, pero al estar por fuera de la línea media, actuarán en abducción. Serán por tanto antagonistas en este movimiento al los del primer cuadrante: extensor común de los dedos y peroneo anterior.

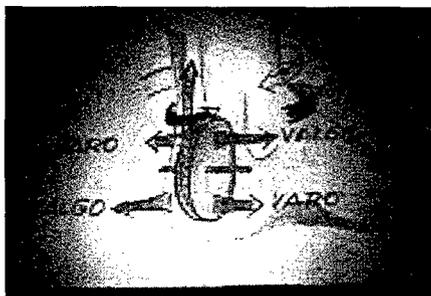
El cuadrante número tres, por su situación retromaleolar colocará al pie en extensión sobre la pierna, pero como al mismo tiempo se sitúa por fuera del eje medio, sus músculos serán abductores. Por tanto su acción es sinérgica en abducción al segundo cuadrante, pero antagónica en flexo-extensión: peroneos lateral corto y largo.

Finalmente, el cuadrante número cuatro estará formado por los músculos que pasan por detrás del maleolo tibial, y por tanto tienen una acción de flexión plantar, supinación y aducción, sinérgica en la flexión plantar al tercer cuadrante, pero opuesta en la abducción: flexor largo del primer dedo, flexor común de los dedos y tibial posterior.

El tríceps, situado en el eje medio, sería el motor principal en la extensión pie-pierna.

Esta disposición hace que durante la dinámica se establezca una secuencia de trabajo muscular que se inicia con el protagonismo del primer cuadrante en el momento de primer contacto pie-suelo, para finalizar con la acción de los compo-

La tensión de las poleas o correderas externas (peroneos), sobrecargan al primer radio, siendo por tanto pronadoras, y las internas o tibiales, al arco externo, por lo que son varizantes, mientras que la musculatura intrínseca estabiliza a la bóveda y el pedio bloquea desde fuera a la articulación de Chopart



nentes del cuarto cuadrante en el último momento de impulso sobre antepie.

SECUENCIA MUSCULAR DINAMICA EN EL MOMENTO DE APOYO

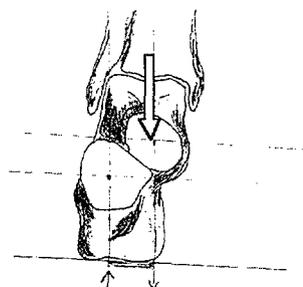
El pie entra en contacto con el suelo por su parte más posterior y externa, y lo abandona por su parte anterior e interna, es decir, durante el apoyo ha trabajado en forma secuencial de detrás hacia adelante y de afuera hacia adentro, tal como hemos visto en el estudio biomecánico de las estructuras óseas.

Abordaré ahora esta misma secuencia bajo un punto de vista puramente muscular.

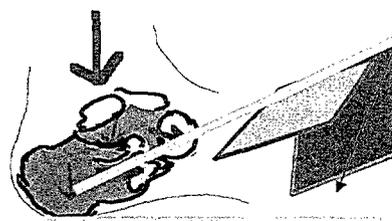
Cuando el calcáneo entra en contacto con el suelo, la disposición ósea hace imposible bajo un punto de vista mecánico la inestabilidad del tobillo, por la presencia de un par pronador (la fuerza de reacción o resistencia del suelo es exterior a la proyección del eje de carga), por lo que no se necesitan tensiones musculares externas en circunstancias normales, por ello, el músculo más externo, el peroneo lateral corto, no necesita en este momento una fuerza excesiva, por lo que su brazo de palanca es más corto, y su sección la más pequeña de la región retromaleolar externa. Su dirección es paralela al eje mecánico del pie.

Cuando el antepie va cayendo en sentido plantar hacia el suelo, su primer punto de apoyo será el quinto metatarsiano. Hasta aquí, la función del peroneo lateral corto, ha sido simplemente la de "vigilancia". Una vez ha apoyado el quinto metatarsiano, el par pronador hace que la secuencia de apoyo metatarsal sea transversal interna (tiempo en "entrenamiento" del centro de masas), es decir, hay un cambio de dirección en la progresión del centro de carga. Aquí juega su papel el peroneo lateral largo, siendo por ello su dirección plantar oblicua (interna y anterior), a base de un acodamiento en la corre-

En un plano anterior, la distancia entre el eje de carga y la reacción del suelo forman un par que asegura la estabilidad y fuerza a la pronación (fase de amortiguación del retropie)



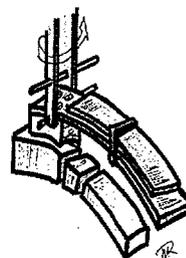
La caída del antepie sobre el suelo genera un doble plano de movimiento (vertical y latero-medial)



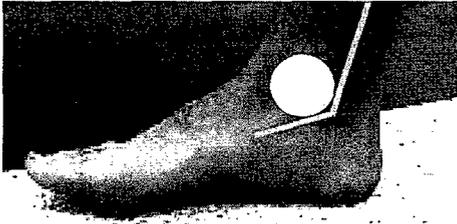
dera sub-cuboidea. Este músculo trabajará hasta que el primer radio ha contactado con el suelo. Es decir, se ha producido una reconducción de la dirección del empuje protagonizada muscularmente por el peroneo lateral largo. La caída del antepie sobre el suelo es suavizada por la musculatura pretibial, y la conducción interna del "vector de barrido" anterior o cadencia de apoyo de las cabezas metatarsales en su secuencia latero-medial debe ser frenada por una estructura capaz de amortiguarla, y por tanto, móvil y muscularmente capaz, que es estimulada por la solicitud en estiramiento del ligamento calcáneo escafoideo plantar que debe soportar el peso a través del astrágalo. Este protagonismo corresponde al arco interno del pie como elemento amortiguador (primer radio y musculatura del cuarto cuadrante).

El primer músculo en reaccionar será el tibial posterior que actúa a modo de tensor, conjuntamente con el flexor corto y el

La elasticidad del arco interno absorbe el momento torsional

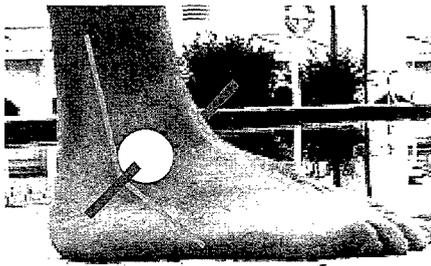


Poleas o correderas internas



abductor del primer dedo que mantienen la bóveda. El flexor largo del primer dedo, por la especial disposición elevada de la articulación met. falángica, alarga el brazo de palanca del arco interno del pie. Es decir, los músculos intrínsecos mantienen la estructura arqueada apoyada sobre el suelo, el primer radio alarga el brazo de palanca, y el tibial posterior la amortigua, suspende y direcciona desde la cúspide.

Poleas o correderas externas

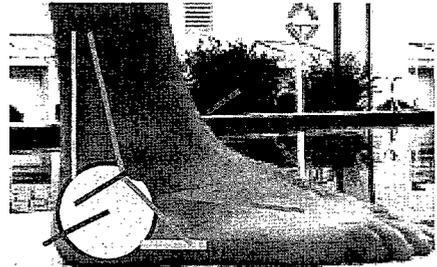


El peroneo lateral largo, al actuar desde la parte externa, tracciona de la primera cuña manteniendo su base debajo de la segunda, que es la clave de la bóveda transversa, manteniendo así una cuerda de arco transversal que mantiene, junto con los tibiales, a la zona media del pie, como estructura aérea soportada.

En el momento previo al despegue de talón, la carga se realiza sobre las cabezas metatarsales cuyo "desparramamiento" es evitado por la musculatura intrínseca (lumbricales, interóseos y porción oblicua del aductor del primer dedo, más el ligamento transversal). Los dedos deben prepararse para el impulso sobre antepie, por lo que la tercera fuerza muscular que entra en función: sería el flexor largo común de los dedos, que ya no tracciona paralelo al pie, sino oblicuamente de dentro y atrás hacia afuera y adelante, por lo que su contracción tiene un efecto de reconducción externa del centro de carga, ya previamente frenado, es decir, un efecto "resupinador", cuyo punto de referencia interno será el flexor largo del primer dedo, que será el último elemento contráctil previo al abandono del pie sobre el suelo. Esta "resupinación" inestabiliza externamente al pie a través de la mediotarsiana y la mayor "holgura"

que en flexión plantar proporciona la tibio-astragalina y la mediotarsiana, para lo que existen dos vigilantes externos que lo impiden: el pedio, por su situación transversa y anterior de detrás hacia adelante, actúa como estabilizador al bloquear externamente a las articulaciones mediotarsianas, el extensor largo común de los dedos que suaviza la garra, y el peroneo anterior, como estabilizador más externo.

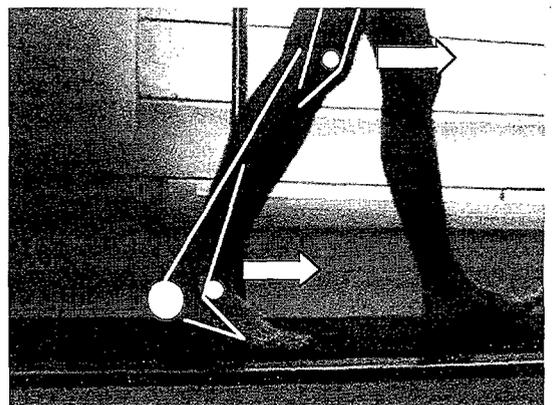
La polea central direcciona y las laterales estabilizan, mientras el pedio bloquea externamente la mediotarsiana



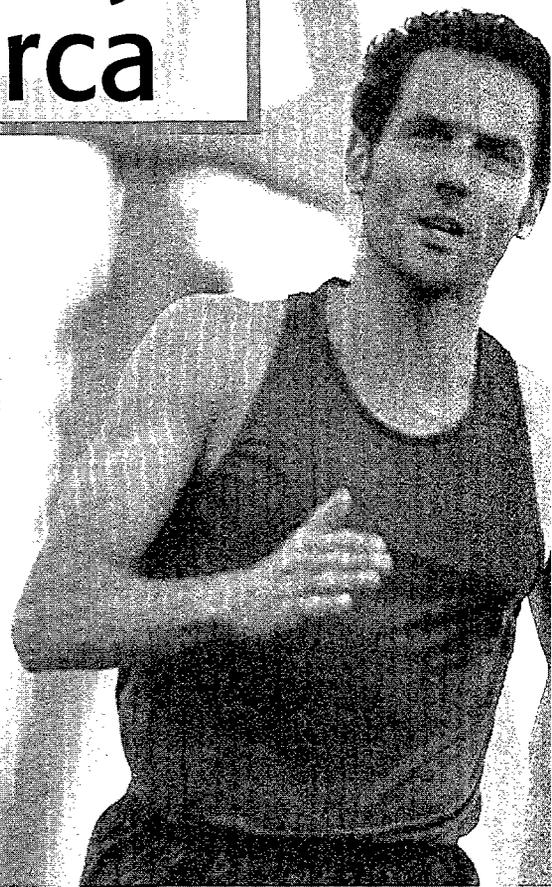
El tríceps por su potencia y situación, se convierte en el motor principal de la extensión del pie, pero requiere la presencia de unos estabilizadores y direccionadores externos que permitan y frenen de forma simultánea a los movimientos rotatorios pierna-pie, por lo que actúan primero los externos (tercer cuadrante), y después los internos (cuarto cuadrante).

Se deduce entonces fácilmente la relación entre el trabajo de estas correderas musculares, la bisagra metatarsal o ángulo de disrupción, la orientación de la mediotarsiana, la dirección del eje del tobillo, y así sucesivamente, de forma ascendente, del resto de la cadena músculo esquelética. Como ejemplo podemos decir que una tensión excesiva en la fase de impulso en las correderas externas del pie, provocará un estiramiento de las estructuras internas de la rodilla.

Existe una relación constante entre los diferentes ejes articulares o sistemas de poleas de la pierna



Tu mayor ventaja tu mejor marca



Jalea Real, taurina, Inositol y Concentrado de germen de maíz rico en policosanoles y vit. C

VITALITY sport

masterfarm

VITALITY
15 sobres líquido

Vitality Sport es la ayuda ergogénica con Inositol y Octacosanol, útil en situaciones de máxima demanda energética. Conjuntamente con la Taurina, la Jalea Real y la Vitamina C, es el suplemento nutricional de elección para conseguir el máximo rendimiento en esfuerzos físicos prolongados.

Una dosis aporta: 1g de Taurina, 500 mg de Inositol, 300 mg de Jalea Real fresca y 7,5 mg de Policosanoles, además de 60 mg de Vitamina C.

Dosis recomendada: 1 sobre al día

Vitality Sport 15 sobres líquido

masterfarm

