

# Introducción a la biomecánica del pie (VI)

**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 sexto 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.

## PATOMECANICA DEL PRIMERO Y SEGUNDO RADIO

Durante años se ha sostenido la teoría del arco anterior metatarsal, que daba más protagonismo en estática a los metatarsianos primero y quinto, y que era la consecuencia de considerar al pie como un trípode o bóveda.

Otras interpretaciones más dinámicas le asignaban la teoría helicoidal, en la que los metatarsianos extremos practican movimientos en sentido vertical, girando sobre un punto más fijo que correspondería a la paleta central, que se considera más estable.

Entre una teoría, la del trípode, más estática, y la otra, la de la hélice más dinámica existe un amplio abanico de posibilidades en las que juega un papel muy importante, como he anotado anteriormente, no solo la longitud de los diferentes segmentos, sino la orientación de la articulación mediotarsiana, muy ligada al ángulo de detorsión del astrágalo, a las posiciones del retropie y a las alteraciones torsionales de la extremidad.

La observación ralentizada de cada paso, descomponiendo el tiempo de apoyo global metatarsal en fracciones de correspondientes a los apoyos individualizados de cada palanca, con cuantificación de sus cargas, unido a los estudios y observaciones relativos a la mecánica metatarsal dinámica, relacionados con los ángulos de torsión de la extremidad y el comportamiento segmentario dinámico, nos llevan actualmente a tomar aquellas observaciones primarias mecánicas,

únicamente como punto de referencia para estudios, pero nunca como normativa de interpretación clínica.

El concepto biomecánico dinámico del antepie debe ir más allá y para su comprensión debemos ser más rigurosos en la interpretación analítica del gesto.

He sostenido la teoría del apoyo individualizado y especializado de cada sub-palanca durante la ejecución de un paso, así como la cadencia perimetral anterior en los apoyos de las cabezas metatarsales durante los momentos de apoyo sobre antepie.

Es verdad que en superficies uniformes y lisas, y apreciando la huella en el podoscopio convencional no podemos en modo alguno llegar a ver la complejidad mecánica del apoyo. También es cierto que las referencias de apoyos cambian constantemente en función de varios factores, como el

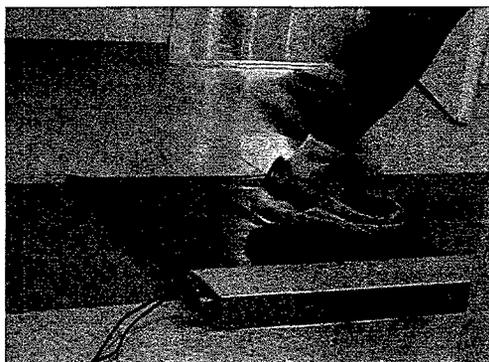
En un podoscopio convencional no es posible visualizar las zonas de presiones



Los sistemas informáticos ópticos nos ofrecen las superficies de carga diferenciadas en escalas colorimétricas



Los sistemas de sensores permiten la cuantificación de cargas por unidad de superficie, además de otros parámetros, pero tienen menos resolución que los ópticos



calzado, las inclinaciones del suelo, la velocidad del sujeto, etc., pero haciendo coincidir la interpretación anatómica plástica de la estructura ósea, con los ejes de movimientos de la extremidad y unos conceptos básicos biomecánicos, así como la experiencia diaria con el uso de un sistema de visión artificial computerizado y plataformas de sensores, se llega a unas conclusiones o interpretaciones bio-clínicas lógicas.

El primer radio constituye el arco de amortiguación del pie, de ahí su complejidad mecánica y riqueza muscular. Para entender su patología ya tenemos que valorar no solo el apoyo de antepie en el momento de impulso, que depende del momento unipodal, sino toda la secuencia, dada su importancia en la fase de apoyo unipodal, donde es el amortiguador dinámico y el convertidor de una fuerza lateral a anterior.

En el momento de apoyo unipodal, la pronación pone en tensión a las estructuras musculares y ligamentosas del arco interno, que resulta deformado.

Cuando iniciamos la elevación del talón del suelo para convertir al pie en palanca simple o de fuerza, ejercemos una presión firme sobre el antepie en su conjunto, pero al seguir elevando el tacón se inicia el despegue de los metatarsianos a partir del quinto, para finalizar con el pulpejo del primer dedo y la cabeza del segundo metatarsiano.

Partamos del momento previo al abandono del suelo y observemos los elementos que intervienen en el mismo: por

En la fase de impulso sobre antepie, el pie equivale a una palanca



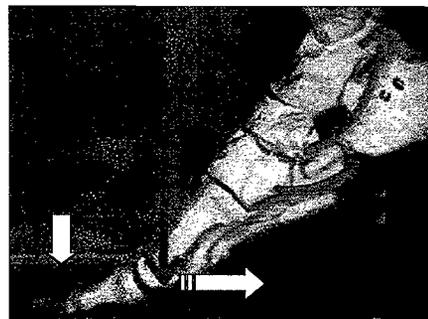
un lado tenemos al segundo metatarsiano, que hemos considerado como el más fijo e hipomóvil de los cinco, y por otro, al primer radio y seguidamente el pulpejo del primer dedo, como más móvil y la parte más musculada del antepie.

Recordemos que justamente en este primer radio toman inserción o parte importante de la misma el 50% de los músculos largos de la pierna: tibial posterior tibial anterior, peroneo lateral largo, flexor corto y largo y extensor del primer dedo. Nos encontramos entonces ante un binomio de estabilidad-fuerza, que actúa a modo de horquilla, responsable del último apoyo de antepie que antecede a la fase aérea. Por tanto, la dirección que esta "horquilla" imprimirá al pie dependerá en primer lugar de la relación de longitud y del comportamiento mecánico de ambas estructuras.

El segundo metatarsiano, en su recorrido anterior ejerce un rodamiento sobre el suelo mediante el cual adelanta su apoyo en una longitud dependiente del perímetro de su cabeza, que podemos calcular teniendo en cuenta la medida de su radio y su ángulo de despegue.

No se produce deslizamiento debido al efecto de garra del dedo como mecanismo de servoamortiguación antero-posterior. Por contra, el primer meta. rueda sobre su propio rodete séamo-glenoideo sin adelantar su punto de apoyo, sino más bien ejerciendo un movimiento en sentido posterior

La acción muscular impide que el primer radio se adelante, girando sobre la cavidad sesamoidea



que se estima según estudios en unos 10 grados, cuyo objeto sería reducir la fuerza de choque intersegmentaria superior, derivada del movimiento anterior del pie.

Sería por tanto un mecanismo de retroamortiguación o servofreno antero-posterior, para lo que es imprescindible la función de apoyo del pulpejo del primer dedo, así como la contracción equilibrada del par tibial posterior-peroneo lateral largo, como elementos que fijan la primera articulación sobre el suelo, más los músculos propios del primer dedo. Hay otro músculo que tiene un gran protagonismo en este momento: el flexor largo común de los dedos, que al tener una dirección de tracción oblicua, actúa ayudando al tibial posterior, devolviendo la resultante hacia afuera, por lo que facilita que una vez el primer metatarsiano haya amortiguado la carga, despegue del suelo devolviendo la carga hacia el segundo, que por esta circunstancia, vuela a "rodar" discretamente hacia fuera, convirtiéndose, junto con el pulpejo de los dedos, en el último elemento de apoyo.

Podríamos decir por tanto que el flexor largo común de los dedos, no tiene acción solo sobre los dedos, sino sobre el pie. Realmente, para una acción exclusiva digital no haría falta un músculo tan grande. Debido a esta circunstancia, cuando falla el trabajo digital, se sobrecarga irremisiblemente la cabeza de los metatarsianos, y de manera especial la del segundo.

Es importante recordar que en este momento de equinismo, el primer metatarsiano se ve sensiblemente alargado por la situación apical de los sesamoideos, cosa que no ocurre con el segundo, que mantiene una longitud constante. También, la posición plantar de los sesamoideos, al aumentar la altura del primer radio sobre el suelo, requiere una flexión plantar del dedo, aumentando de esta forma su brazo de palanca.

Gracias a este complejo mecanismo, el recorrido del pie hacia la pronación para amortiguar la carga, se ve concentrado sobre el borde interno del mismo, que lo amortigua o contiene para convertirlo en la fuerza explosiva necesaria para dar el último empujón y lanzar al centro de gravedad lo más lejos posible.

Cuando falla el sistema de retroamortiguación del primer radio, y se somete a un mecanismo rotacional al segundo, sobre su eje, mientras el dedo se encuentra apoyado sobre el suelo, la cápsula resulta afectada y tracionada en exceso, produciéndose con el tiempo la subluxación de la metatarso falángica.

Paralelamente, la musculatura intrínseca trata de compensarlo aumentando su tracción, que acaba fatigando a los pequeños músculos, por lo que la unidad funcional se rompe y se inician los signos evidentes de sobrecarga, con dolor, inflamación, queratosis y subluxaciones.

Vemos por tanto que la simbiosis del primer y segundo radios es un complejo sistema de freno, agarre, estabilización y propulsión, cuyo momento de trabajo, al final de la fase de apoyo e inicio de la aérea, es crucial para el desarrollo del paso, por ello, cuando hay desajustes estático/dinámicos, son los primeros afectados, de ahí la amplia patología que presentan, sin lugar a dudas la más frecuente del pie.

También podemos contemplar el gran protagonismo muscular en el funcionamiento del primer radio, por lo que cuando éste se ve alterado por posturas inadecuadas, como el calzado, o los desequilibrios, no tarda en manifestar su inconformidad.

Cuando aparecen los síntomas, esos pequeños músculos, con la presencia de inestabilidad articular, ya están demasiado forzados como para equilibrar y es muy difícil conseguir su potenciación, por lo que la patología del primer radio siempre es progresiva, y la cirugía del mismo difícilmente resolutive a largo plazo, especialmente si en su práctica han prevalecido unos objetivos estéticos sobre los biomecánicos.

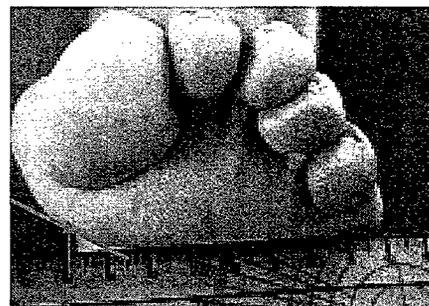
#### DISFUNCIONES DEL PRIMER RADIO

No solo es importante la longitud del primer radio, sino que hay otras alteraciones del mismo que pueden causar patología, como son la hipermotilidad, la dorsiflexión o plantiflexión exagerada, la oblicuidad de su articulación con la primera cuña, o la angulación excesiva con relación al segundo, además de la fuerza prensil del dedo.

De esta manera, un metatarsiano que radiológicamente pudiese resultar suficiente, puede tener una elasticidad excesiva en su base, o una angulación externa exagerada con su cuña, con lo que no es capaz de absorber el esfuerzo de amortiguación, sobrecargando al segundo al permitir más rotación sobre su eje.

De la misma manera un metatarsiano excesivamente corto, pretende alargar su palanca trasladando el punto de apoyo a la interfalángica, anulando de esta forma la resultante posterior, responsable de la retroamortiguación, favorecien-

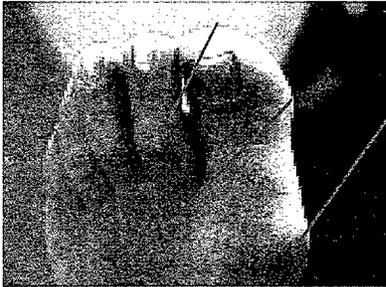
La posición elevada del primer radio sobrecarga al segundo



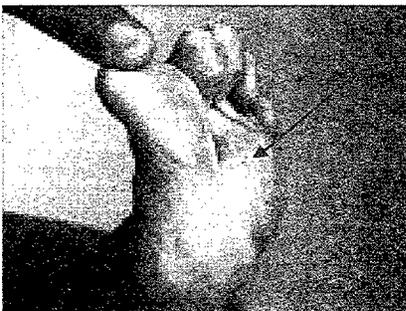
do el hallux limitus/rigidus. Si además de insuficiente anatómicamente, es hipermóvil, la alteración más directa será el hallux valgus, o valgus/limitus, en función de la oblicuidad de la articulación metatarso cuneal, el estado de la mediotarsiana y la orientación de los ejes de la pierna.

Cuando se hace presente la limitación funcional de la metatarso falángica del primer radio, en el momento de despegue hay un desplazamiento externo con una supinación exagerada de la mediotarsiana, que al incrementar el tiempo de trabajo en rotación sobre la segunda articulación metatarso-falángica acaba luxándola, apareciendo la clinodactilia.

La excrescencia ósea dorsal del primer metat. ejerce de tope al desplazamiento del dedo sobre la cabeza metatarsal. El segundo radio ya empieza a sufrir las consecuencias



La limitación a la dorsiflexión, alarga funcionalmente a la palanca del primer radio aumentando la presión intraarticular y potenciando la aparición de un limitus



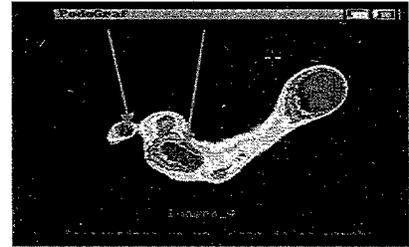
Posición de elevación del primer radio



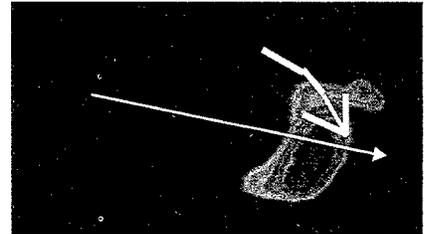
H. rigidus incipiente: más que la brevedad anatómica, en este caso, la afectación viene dada por la posición retrasada de los sesamoideos y la posición de elevatus del primer metatarsiano



La huella en fase unipodal evidencia claramente la disfunción metatarsal

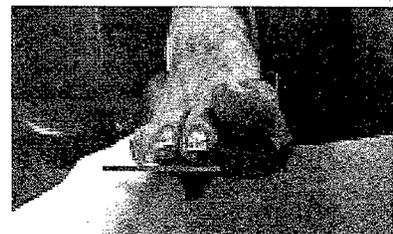


En la medida que se eleva el talón, el dolor obliga a modificar la trayectoria, sobrecargando en impulso a los metatat. externos al ejercer un momento rotacional externo

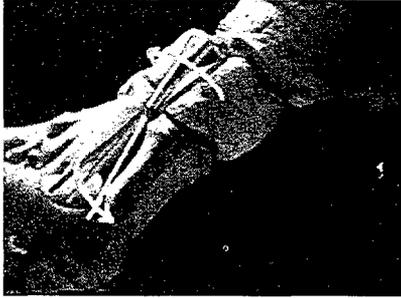


Otra alteración relativamente frecuente del primer radio es la derivada de alteraciones por hiperfunción del mismo, ya sea por longitud excesiva con relación al segundo, como por flexión plantar aumentada, por una pronación de la mediotarsiana o por una rotación interna aumentada en los ejes de la pierna: antetorsión femoral o disminución del eje bi-maleolar.

Primer radio en flexión plantar, vista frontal

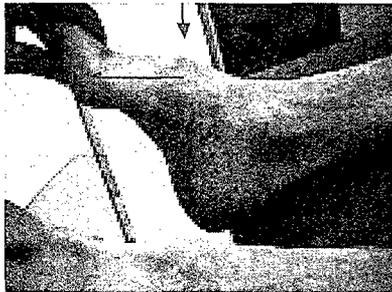


La situación de plantiflexión del primer radio produce la hipertrofia de la articulación metatarso-cuneal

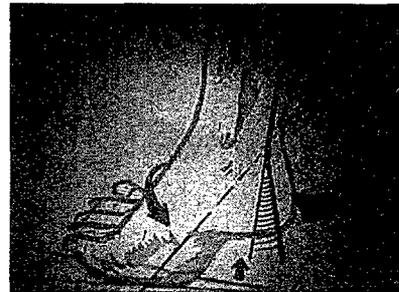


Cuando se trata de alteraciones en flexión plantar, consecuencia muchas veces de deficiencias de tibial anterior y la consiguiente hiperfunción del peroneo lateral largo, nos ofrece como primer dato objetivo la apariencia de un antepié pronado y una hiperextensión de la falange metatarsal del primer radio. El rodete glenoideo se muestra hipertrófico por la hiperpresión, y son frecuentes las sesamoiditis. Se trata de compensar con la rotación externa de la pinza bi-maleolar, provocando inestabilidad del tobillo y subluxaciones de los tendones peroneos en su recorrido retromaleolar

Cavus anterior con insuficiencia del tibial anterior, hiperfunción del peroneo lateral largo y exóstosis metat-cuneal dorsal



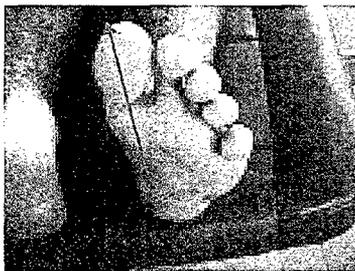
El intento de disminuir la carga del primer radio comporta una rotación externa del eje bi-maleolar y un varismo



Las alteraciones en longitud excesiva producen la sobrecarga directa del primer radio, que generalmente se compensa con la actitud de supinación del antepié para reducir la carga.

La patología asociada más frecuente en el hallux rigidus, y el pulpejo del primer dedo se encuentra hipertrofiado.

El Index plus se compensa mecánicamente colocando el antepié en supinación forzada, con la consiguiente sobrecarga del tibial anterior



De lo expuesto se puede deducir, que como más frecuente:

- a. La insuficiencia de un metatarsiano puede venir tanto como consecuencia tanto de su brevedad anatómica como de su hipermovilidad.
- b. Las insuficiencias funcionales del primer radio sobrecargan al segundo.
- c. Un primer metatarsiano hipermóvil se asocia frecuentemente al hallux valgus.
- d. Un primer metatarsiano largo se asocia más a antepies supinados y hallux rigidus.
- e. Un primer metatarsiano corto, si no es hipermóvil, se asocia más frecuentemente al hallux rigidus que al valgus.
- f. Un primer metatarsiano insuficiente, ya sea por brevedad o por hipofunción, asociado a un valgusismo, evolucionará hacia el hallux valgus.
- g. El estudio del primer radio nunca debe hacerse de forma aislada o teniendo en cuenta el solo el antepié, sino previo examen de la extremidad en su conjunto.

# 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

VIA ORAL  
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