

Introducción a la biomecánica del pie (III)

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

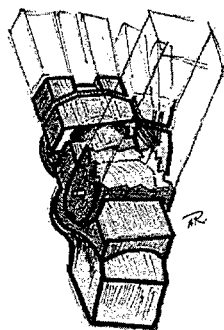
e-mail: martinrueda@martinrueda.com

Número correspondiente al tercero 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 cinco números de la revista y constituirá en conjunto un pequeño tratado de anatomía funcional y biomecánica del pie.

El pie representa un puzzle perfecto, donde no es posible modificar o aislar cualquiera de sus partes sin influir directamente sobre el resto.



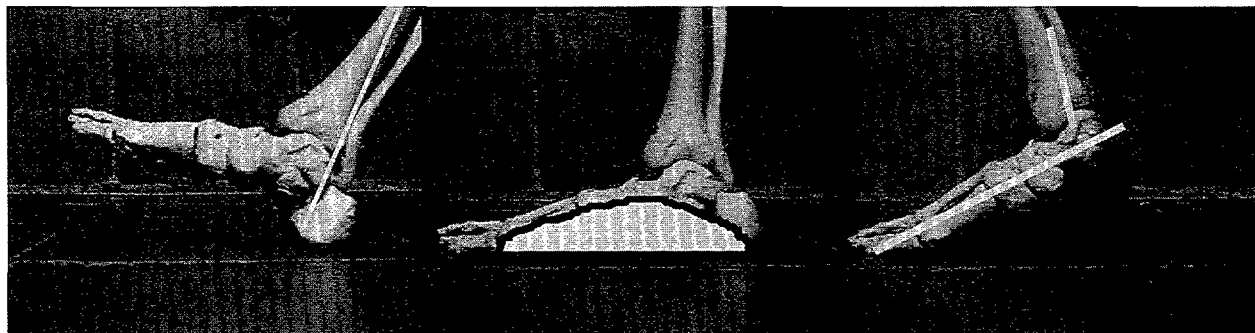
Podríamos considerarlo como un servoamortiguador, dotado de la resistencia suficiente para mantenernos y propulsarnos vigorosamente, pero con la elasticidad adecuada para que el movimiento resulte suave y progresivo. **Consistencia** que le confieren sus partes óseas, **elasticidad** que le proporcionan sus articulaciones y componentes fibroelásticos y **vigorosidad** de que le dotan sus potentes músculos y tendones.

En la fase de apoyo de talón, su esquema mecánico sería en de columna, en el momento estático se comportaría como una hemibóveda, y en el dinámico sería el equivalente a una palanca, que haciendo apoyo sobre la porción metatarsal-digital, debe desplazar a un peso que gravita sobre el astrágalo.

Apoyo de talón = columna

Fase unipodal = bóveda

Fase impulso = palanca

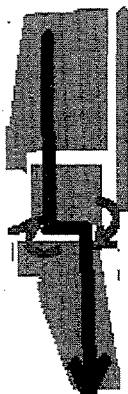


Así, funcionalmente, el fulcro lo constituye una unidad: el antepié, pero mecánicamente lo forman cinco metatarsianos, dos sesamoideos, y 13 o 14 huesos más pequeños representados por las falanges.

Observando la forma y disposición de las estructuras del pie, tanto duras como fibroelásticas, Así como de los planos de movimiento articular, y teniendo en cuenta que la forma final es el resultado de la acción y coexistencia de unos factores genéticos sometidos a unas leyes físicas de crecimiento y desarrollo, en el que cada elemento debe cumplir unas exigencias mecánicas con un margen de garantía, podemos observar que:

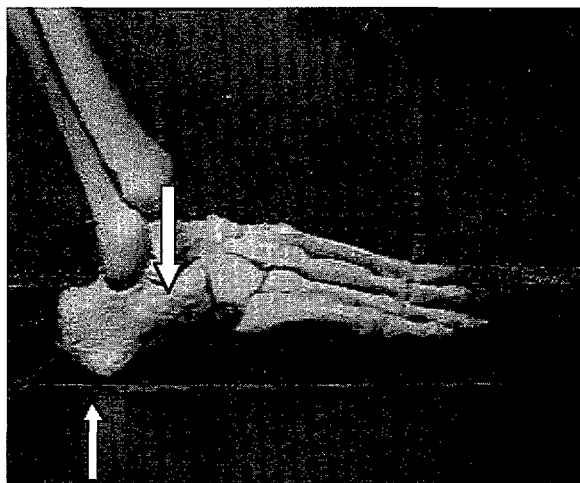
1. En la disposición ósea espacial del pie, no existen dos huesos situados en el mismo eje vertical. De esta forma se evita la compresión directa al generarse desequilibrios secuenciados que producen movimientos económicos.

La desalineación en un eje vertical, genera un momento de amortiguación y aumenta la resistencia mecánica del retropié



2. El calcáneo tiene relación distal tan solo con el cuboide, y a partir de este con los segmentos cuarto y quinto. Además recibe carga en sentido vertical desde el astrágalo y la transmite verticalmente hacia el suelo en un plano más externo, y anteriormente sobre el cuboide. Por tanto, este hueso recibe una gran carga vertical o de compresión. Es capaz de absorberla a base de desequilibrarse en sentido anterior y latero medial, para direccionarla hacia el cuboide y escafoide.

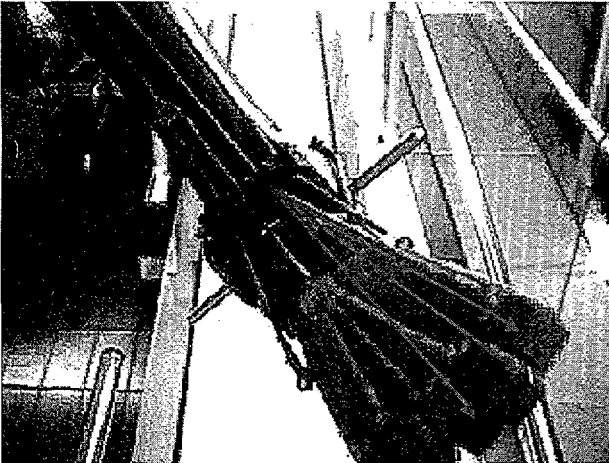
La situación más posterior del calcáneo, genera un desequilibrio anterior



3. El astrágalo se relaciona anteriormente con los segmentos metatarso digitales primero, segundo y tercero, a través del escafoide y de las cuñas. Cuando recibe el peso del cuerpo a través de la tibia, lo dispersa hacia el calcáneo en sentido plantar y hacia el escafoide en sentido anterior, por tanto, la magnitud de la carga recibida es dispersada en dos componentes. La orientación en el plano horizon-

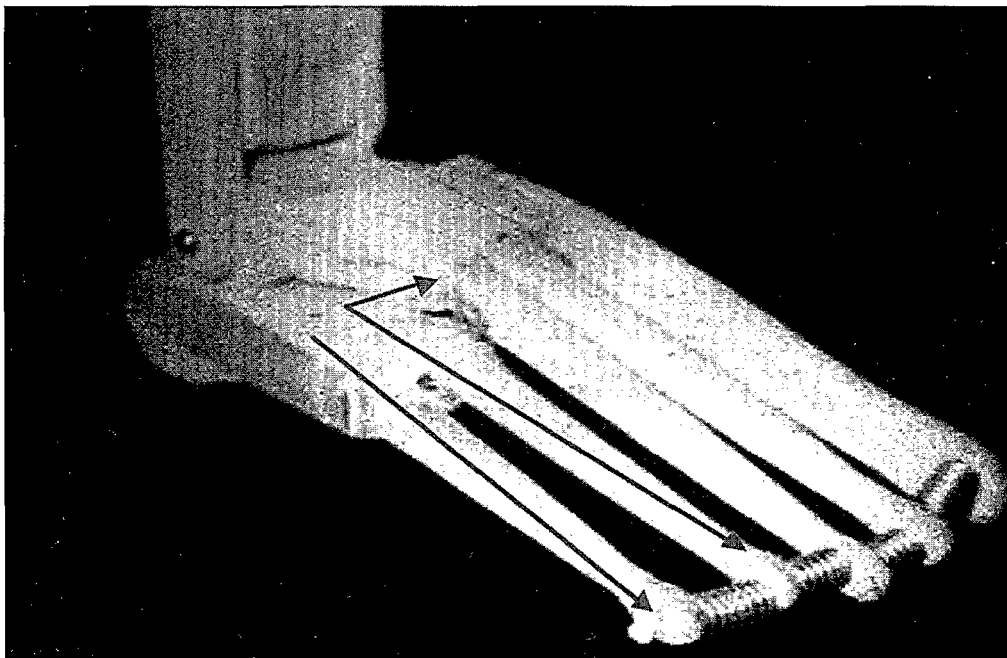
tal del eje mayor de la articulación astrágalo escafoidea, hace que la presión se transmita sobre las cuñas de forma secuencial hacia el borde interno del pie, en forma de barrido, con lo que la presión se vuelve a fragmentar

La Carga recibida por el escafoides es transmitida en sentido lateral y anterior hacia los metatarsianos 1,2 y 3 a través de las cuñas, que la direccionan en sentido anterior y plantar sobre el suelo a través de los metatarsianos



4. El sistema calcáneo finaliza en dos vectores divergentes de longitud creciente de afuera hacia adentro.

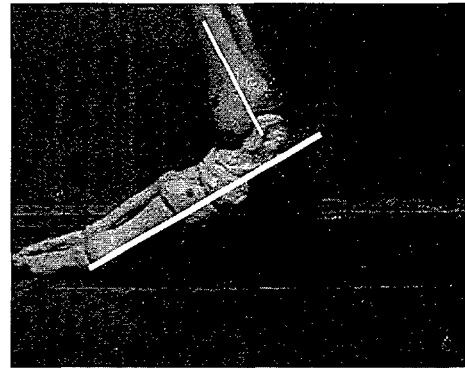
El calcáneo transmite la carga en sentido anterior sobre el cuboides y los metatarsianos 4 y 5, y el sentido median sobre la 3ª cuña y el escafoides



Estos vectores conducen la presión que les es enviada desde el calcáneo a través del cuboides, hacia los metatarsianos quinto y cuarto y hacia la tercera cuña, por lo que la onda de choque vuelve a ser dividida.

Es decir, el peso del cuerpo se fragmenta y diverge desde el momento de caída del pie sobre el suelo, pero se concentra y dirige en el momento de apoyo exclusivo sobre antepié.

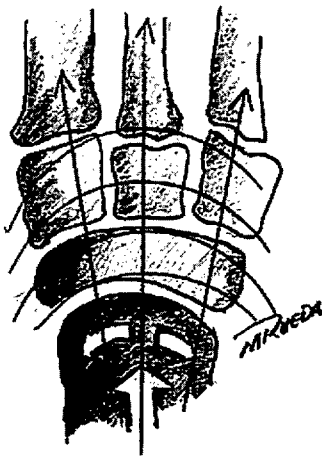
En el momento de impulso, la reacción del suelo se proyecta desde la región metatarso-digital



5. El sistema astragalino finaliza en tres vectores divergentes de atrás hacia adelante, de los que el más fijo es el central, y el más móvil el más periférico. Igual que ocurría con el arco calcáneo, con el astragalino la onda de choque es

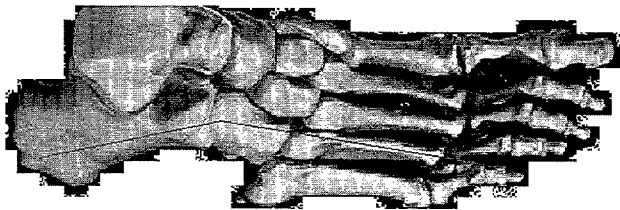
fragmentada en cada articulación y cada hueso la transmite sobre el siguiente, cada vez mas reducida. Es importante observar en esta reconducción de fuerzas, la misión del escafoides, cuya forma ovalada ayuda a diversificar más la presión, repartiéndola hacia las cuñas a través de articulaciones artrodiales.

La concavidad post del escafoides, hace que la presión ejercida por el astrágalo en el momento de apoyo sobre el suelo, no se transmita al mismo tiempo sobre los segmentos metatarso cuneales, sino de forma secuencial con un movimiento en barrido interno



6. El sistema calcáneo constituye por tanto un arco con poca altura, poco movimiento, pocos músculos, grandes ligamentos y está sometido a más carga: sería por tanto un arco de resistencia.

El sistema calcáneo, mas bajo, formaría un arco de mayor resistencia y solidez



7. El sistema astragalino está dotado de más piezas, tiene más movilidad, más altura del suelo, más músculos y

consecuentemente estaría mejor dotado para amortiguar e impulsar.

El sistema astragalino, mas alto y móvil, forma un arco más elástico



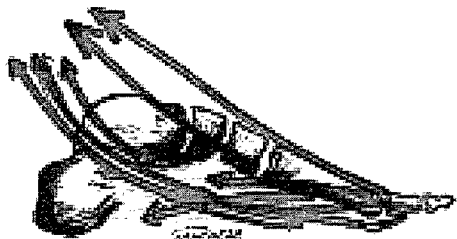
8. Los dos huesos de mayor tamaño del pie, representan la única estructura vertical y son los más posteriores, por lo tanto soportan en primera instancia más compresión.

El astrágalo y el calcáneo, los dos únicos huesos del pie alineados en un eje vertical



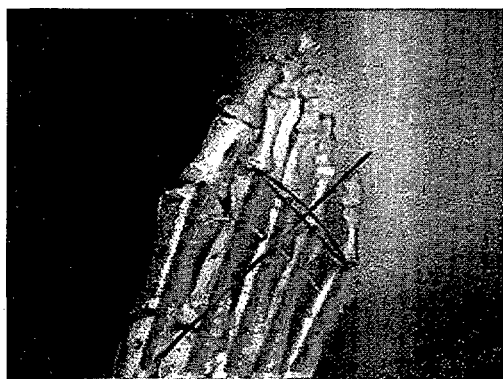
9. Los huesos del mediopié, de menor tamaño y más numerosos, están relacionados tanto en sentido antero-posterior como lateral, son cuadrangulares, unidos por articulaciones planas, y por tanto más preparados para soportar momentos torsionales. Es importante observar que el componente lateral de presión debe ser muy amortiguado, por lo que el arco interno del pie concentra el mayor número de inserciones musculares y tiene más movilidad. Una estructura rígida no podría absorber la presión y se dañaría.

El arco interno garantiza su resistencia gracias a la elasticidad de sus estructuras y refuerzos musculares



10. Los componentes del metatarso forman segmentos arciformes radiales, sin relación transversa, excepto en la parte proximal, ganan movilidad lateral a partir del mas largo y alto, el segundo metatarsiano, formando por tanto sistemas de trabajo tipo palanca.

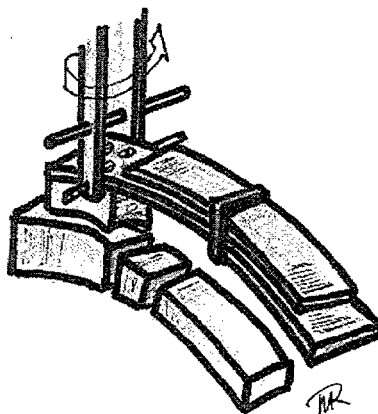
Los metatarsianos se organizan anteriormente en estructuras arciformes radiales independientes



Esta interpretación de la disposición ósea nos permite hablar de dos partes o sistemas diferenciados en el pie: uno externo o de carga (calcáneo-cuboides, cuarto y quinto metatarsianos), y otro interno o de impulso y amortiguación (astrágalo, escafoides, cuñas y los tres primeros metatarsianos).

El externo sería un arco de más resistencia pasiva, por lo que en dinámica actúa antes, es decir, a través de él depositamos el pie en el suelo al final de la fase aérea, mientras que el interno podría absorber mejor torsiones, al ser más articulado, móvil y musculado, por lo que tiene más protagonismo en amortiguación e impulso.

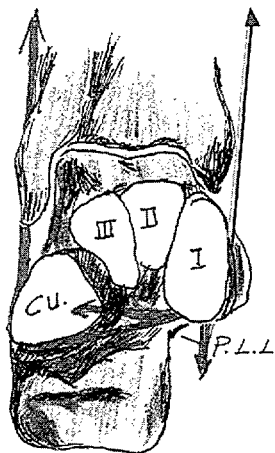
El arco externo absorbe en primer lugar la carga vertical (resistencia), y el interno la amortigua



Si aplicamos estos conceptos arquitectónicos simples al estudio ralentizado de la marcha, resulta además evidente o al menos lógico pensar que el **retropié** está preparado para un trabajo de **resistencia** y fuerzas verticales, el **mediopie**, para fuerzas de compresión, como cúspide de la bóveda, o de transmisión antero posterior y latero-medial durante el apoyo de antepié, que tendría una misión más de adaptación e impulso, a la vez que sus integrantes, al ganar altura de fuera hacia a dentro, y carecer de relación vertical, hacen posible la transmisión de movimientos helicoidales por deslizamiento de los unos sobre los otros.

Ahí juega un papel importante la disposición de las cuñas, que transversalmente forman un arco a partir del cuboides.

Los cuneiformes formarían una bóveda "sostenida"



Por tanto, el antepié, estaría preparado para transmitir fuerzas en sentido anterior con movimiento cónico radial en el plano transversal a partir de la base del segundo metatarsiano como elemento más fijo y gracias a los movimientos de la mediotarsiana permitiría la adaptación a planos con inclinación lateral o anteroposterior, por lo que podemos decir que en conjunto, la paleta metatarsal es direccionada desde dicha articulación a modo de adaptador móvil.

Esta disposición ósea es básica desde el momento en que si todos los huesos estuviesen relacionados en sentido vertical, el pie carecería de estabilidad lateral y de amortiguación o requeriría una base muy amplia. La combinación simultánea en los tres planos del espacio hace posible la resistencia, diversidad y complejidad de sus movimientos.