

Introducción a la biomecánica del pie (V)

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

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2004; 145: 35-38

Número correspondiente al quinto 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.

En la medida que vamos adentrándonos en la biomecánica y muy especialmente en la cinética, vemos que no es fácil encontrar definiciones capaces de transmitir con el rigor suficiente la perfección y complejidad mecánica del antepie.

Por ello, para componer este capítulo, y tras consultar diferentes bibliografías, el resultado no ha sido lo convincente que deseaba, no solo porque la mayoría de estudios son realizados en estática, resultando los unos compendio de los demás, sino, porque además, es muy difícil aplicar fórmulas matemáticas a un complejo sistema de sustentación, traslado y amortiguación, en el que las referencias cambian constantemente por el movimiento y las condiciones en que se ejecuta, como pueden ser caminar, correr, saltar, cambios de dirección o suelos peraltados, permaneciendo no obstante una armonía y equilibrios en constante desafío a las leyes de la cibernética.

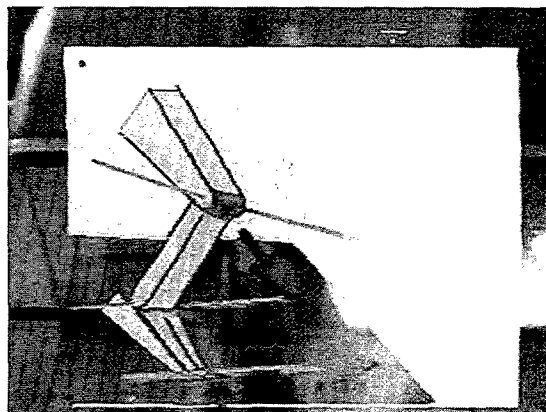
A pesar de ello, es imperativo el tomar unas consideraciones como básicas a partir de las que desarrollar el estudio.

Así, ésta es la explicación más lógica que encuentro para desilvanar un tema árido y complicado, como es el relativo a

las alteraciones biomecánicas de nuestros pies, y especialmente las referidas a la zona metatarso-digital.

Complicado no solo por su estructura y función, sino, porque además, su valoración aislada es prácticamente imposible, desde el momento en que cualquier alteración en la

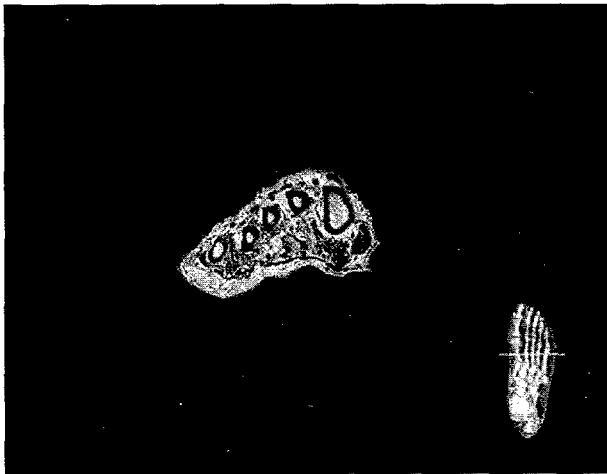
La alteración de cualquier parte repercute en el resto.



postura nos acarreará una readaptación en las estructuras vecinas para compensarla, reducirla o aislarla.

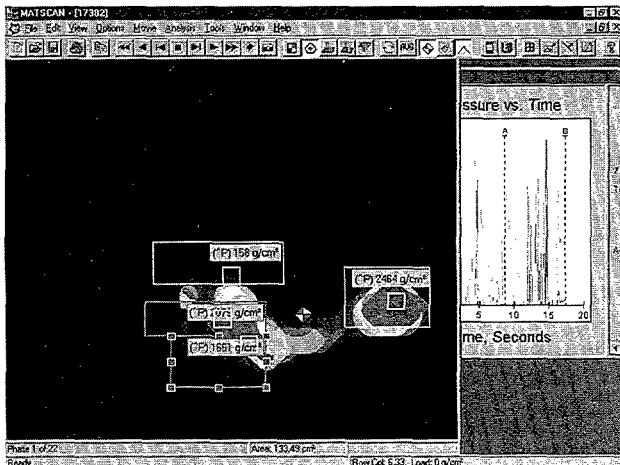
En estática, cada metatarsiano, en unión del tarso y de su dedo, constituye un segmento arciforme que aguanta, fija, amortigua y propulsa, y el conjunto de los cinco radios o segmentos formaría una hemibóveda en sentido proximal, pero que va aplanándose distalmente hasta apoyar todos a través de sus cabezas, con una discreta convexidad plantar, cuyo seno se situaría a nivel de la cabeza del segundo metatarsiano.

Transversalmente, el arco metatarsal presente en diáfisis proximal, desaparece en el plano de apoyo.



En cambio en dinámica, estos segmentos se comportan como cinco palancas que trabajan con una intensidad y durante un tiempo determinados.

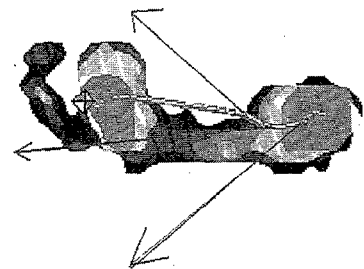
Las modernas plataformas de sensores nos permiten medir el tiempo y la intensidad de carga sufrida por cada metatarsiano, tanto en estática como en dinámica.



Entonces, cada arco y por consiguiente el conjunto, está sujeto a dos tipos de fuerzas: de compresión en los elementos duros, y de distensión en los fibroelásticos, existiendo una tercera fuerza lateral con un doble componente torsional, que correspondería a la fase de “entrenamiento” o dirección interna del centro de empuje, y recibiendo la máxima compresión en el momento de apoyo unipodal, que empieza a decrecer cuando el centro de gravedad del cuerpo pasa sobre la cúspide de la bóveda en su recorrido anterior, (inicio del despegue de talón) para convertirse en propulsión, y por tanto en rotación externa en la fase de apoyo sobre antepie. Este mecanismo torsional somete a la bóveda a un estiramiento intenso que estimula a los receptores articulares y tendinoso-musculares que responden con una rápida contracción, especialmente del tríceps, de los flexores de los dedos y de la musculatura intrínseca, para convertir al pie en palanca.

Es como si comprimiésemos un muelle generando una energía que será convertida en fuerza excéntrica en el momento en que cese la compresión y se inicie el despegue.

Los estudios en plataformas nos permiten visualizar la progresión del centro de presiones.



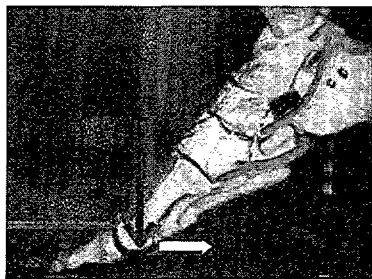
Ocurre, no obstante, que al ser el perímetro anterior metatarsal convexo y el primer momento de apoyo en discreta supinación, ni el momento de apoyo ni el de propulsión se realizan a la vez en todos los metatarsianos, ya que en la medida que avanza el cuerpo, las cabezas metatarsales van apoyando secuencialmente primero en dirección interna (momento de caída del antepie sobre el suelo), y despegando después (momento de impulso) siguiendo el mismo orden que al apoyar, por lo que los primeros radios que apoyaron, serán los primeros en despegar, siendo el segundo, el que más presión recibe, por lo que como veremos es el más fijo.

Es obvio pensar que esta secuencia está regulada no solo por la longitud, sino por la relación entre metatarsianos y por su orientación conjunta, que a su vez está influenciada

por las articulaciones mediotarsianas y subastragalina, principalmente. El momento de caída se inicia por tanto por la quinta metatarso-falángica o segmento más corto, para acabar por la segunda, o más larga y estable, unida a la primera por su función propia de amortiguación e impulso.

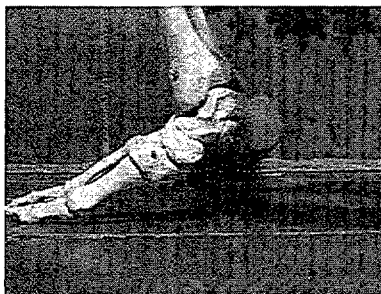
Esta es la consecuencia de que los segmentos metatarso-digitales sean anatómicamente diferentes: el quinto, es el más corto, y con frecuencia bifalángico. A partir de él se gana altura, estabilidad y longitud hasta el segundo, que sería el más largo, alto y estable, para concluir con el primero que representa una estructura mecánicamente distinta a la de los demás, siendo más grueso, más móvil, más musculado, protegido por sesamoideos sobre los que rueda sin adelantarse (momento de retroamortiguación), con numerosas inserciones musculares, y hasta incluso con su fijación proximal independiente y orientada en sentido más oblicuo que la del resto.

En el momento de impulso sobre primero y segundo radio, la cabeza del primer metatarsiano sufre un momento de retroamortiguación rodando sobre la cavidad sésamo-glenoidea.



Así pues, los dos primeros metatarsianos, al ser los últimos en abandonar el plano del suelo, realizan más trabajo en propulsión.

El final de la fase de impulso requiere el trabajo selectivo de los metatarsiano primero y segundo.

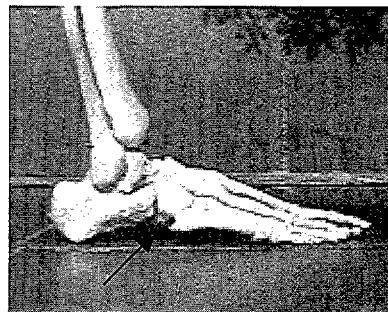


El segundo y tercer metatarsiano también serían diferentes al resto, al tener no solo más altura y menos movimiento, sino una fila más de elementos articulados en su base (las cuñas), con dedos más largos y de mayor capacidad prensil. De esta manera, la naturaleza les reserva para una función distinta a los demás, para realizar un trabajo más concreto en la dinámica. También, si observamos atentamente el esqueleto del pie, veremos que están situados en el mismo eje que la prolongación de la polea astragalina, constituyendo por tanto el eje geométrico y anatómico del pie. El primero en cambio tiene una orientación diferente: se coloca en la prolongación del cuello astragalino con una divergencia de 5 a 8 grados respecto al segundo, siendo por tanto un segmento "más dinámico".

Los segmentos cuarto y quinto, en clara divergencia respecto a los demás, con menos altura y más movimiento que sus vecinos, serían una "paleta externa estabilizadora" en el momento de apoyo unipodal, y en cambio los primeros en recibir la carga durante la fase de contacto del antepié sobre el suelo. Ambas circunstancias requieren que sean más móviles, para de esa forma, ganar resistencia. Si tuviesen menos movilidad, no tendrían tanta capacidad de adaptación, a la vez que la carga que deben soportar en la caída de antepié, los fisuraría.

Esta función específicamente estabilizadora está garantizada además por dos circunstancias: una, la orientación de la articulación del quinto metatarsiano con el cuboidees que como bien sabemos tiene una dirección oblicua externa, y otra, la tuberosidad externa que éste metatarsiano presenta en su base que sirve de anclaje para el músculo peroneo lateral corto. Como podemos apreciar, en circunstancias normales, el pie, como estructura, caerá siempre hacia la pronación desde el momento en que el quinto metatarsiano llegue al suelo, y el peroneo tendría la función de "vigilar" cuando el sistema se inestabilice.

Tuberosidad base quinto metatarsiano.



Esquematizando lo antedicho llegaríamos a la conclusión de que el antepié estático estaría formado por tres paletas: una central, más alta, estable y larga (segundo y tercer metatarsianos), otra interna, más móvil y musculada (primer metatarsiano), y otra externa, más baja, con dedos más cortos, orientada en sentido longitudinal respecto al calcáneo y cuboides, y divergente anteriormente en relación a la línea de progresión dinámica, y por tanto, básicamente estabilizadora.

Según lo expuesto, podemos decir que todos los metatarsianos intervienen tanto en la estática como en la dinámica, pero con tiempos e intensidades diferentes, por lo que, aunque resulte atrevido o no se puedan establecer unas separaciones físicas, me atrevería a dividirlos en tres grupos, según predomine una de las funciones sobre las demás.

1. Más estáticos y estabilizadores: quinto y cuarto.
2. Más dinámicos y resistentes: tercero y segundo.
3. Más amortiguador e impulsor: primero.

Por ello, cuando existen sobrecargas con reacción queratósica plantar, ésta se sitúa por debajo de las cabezas si corresponde al cuarto y/o quinto, y por delante si corresponde a las de tercero o segundo, siendo en cambio más interna cuando aparece en el primero.

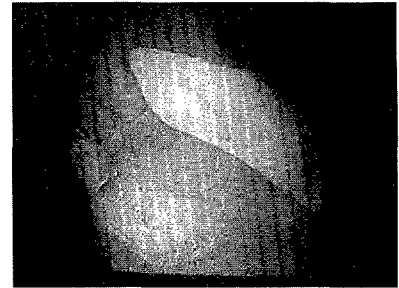
Esta localización queratósica ya nos sugiere por sí sola si se trata de una patología con carácter más estático o más dinámico, lo que unido al resto de la exploración nos llevará a adoptar unos criterios más selectivos de tratamiento.

Durante la fase dinámica de impulso sobre antepié, éste debe mantener una posición de equilibrio estabilizando sobre sí al resto de articulaciones de la pierna, para que sobre

Sobrecarga del segundo radio por ins funcional del primero.



Queratosis en tercer y cuarto metatarsianos por ins mecánico-funcional de primero y segundo.



ella se mantenga la pelvis en un momento unipodal. En este momento, las articulaciones que integran al resto de la extremidad, discretamente flexionada para evitar el ascenso del centro de gravedad, trabajan en un plano antero posterior. Debe entonces existir una compensación mecánica entre la articulación coxofemoral, que anatómicamente puede moverse en tres direcciones, y las mediotarsianas, que deben comportarse de manera parecida. Por ello la paleta metatarsal es capaz de adaptarse a cualquier plano del espacio sin que intervenga la pierna, dentro de unos márgenes.

Si no fuese así, las inclinaciones laterales o peraltadas de la superficie de apoyo, exigirían momentos torsionales a articulaciones como la tibiotarsiana o la rodilla, que mecánicamente no están adaptadas para ello, al moverse en un plano anterior, sobre un eje transversal.

Podríamos establecer de esta manera una relación entre el comportamiento mecánico del antepié y el de la cadera, entendiendo a la extremidad como una columna articulada con dos partes capaces de realizar movimientos rotatorios: la coxo-femoral y la mediotarsiana, y de esta manera nos sería más fácil relacionar la patología a distancia y las acciones de las cadenas musculares de la extremidad.

Así, una retrotorsión femoral, comportaría en dinámica, tanto en la fase de primer apoyo sobre antepié como en la de despegue o impulso, una sobrecarga metatarsal externa, por lo que el movimiento de la paleta metatarsal, aumentando su amplitud en rotación interna o pronación, puede compensarla. Cuando ésta compensación no existe habrá manifestaciones directas de sobrecarga en arco externo y de compresión en la cara externa del tobillo o de la rodilla.