

# PRINCIPIOS DE BIOMECÁNICA DEL ANTEPIÉ

## SEGUNDA MESA REDONDA: METATARSALGIAS YATROGENICAS»

V. VALENTI, A. VILADOT

---

Examinando los diversos tipos de antepiés, observamos variaciones en la terminación anterior de los dedos y los metatarsianos, que dan origen a las llamadas fórmulas digital y metatarsal.

### FORMULA DIGITAL

Según la longitud relativa de los dedos del pie, éstos se clasifican en: pie griego, cuando el dedo gordo es más corto que el segundo y éste más largo que los siguientes; pie cuadrado, cuando el dedo gordo es aproximadamente igual al segundo y los demás van siendo más cortos.

Es curioso que esta diferenciación fuera descrita antes por los artistas que por los propios anatomistas. El pie de tipo griego es el que se ve en las esculturas helénicas, y el pie egipcio en los frisos de Egipto.

### FORMULA METATARSAL

Si examinamos radiografías de antepiés, encontramos tres tipos de terminación de los metatarsianos: índex minus, el primer metatarsiano más corto que el

segundo; los demás cada vez más cortos; índex plusminus, el primero y el segundo son sensiblemente iguales, e índex plus, el primer metatarsiano es más largo que el segundo.

Hemos de resaltar que cualquiera de estos tipos de fórmula metatarsal o digital son completamente normales y pueden combinarse entre sí de forma indiferente. Ahora bien, existe mayor frecuencia en las alteraciones biomecánicas del antepié en los casos de dedo gordo largo de tipo egipcio. Cuando se combina con un metatarsiano débil, corto y en varus, aparece el hallux valgus. Cuando lo hace con un primer metatarsiano índex plus, potente y recto, existe una predisposición al hallux rigidus o a la sesamoiditis.

El pie ideal, es decir aquel tipo en el cual son menos frecuentes las deformaciones, sería el constituido por la unión de un primer metatarsiano índex plus, que sería una forma de pie más evolucionado, más lejano del primer metatarsiano atávico corto y en varus descrito por MORTON, y un dedo gordo tipo griego. Posiblemente, la menor vulnerabilidad de este tipo de pies es un tributo a la servidumbre del uso habitual del calzado,

cuya puntera suele tener una forma más o menos triangular, que encaja mejor en este tipo de pie. En cualquier caso, desde el punto de vista de la reconstrucción quirúrgica del antepié, hay que ir siempre a buscar las dos fórmulas que hemos encontrado en el pie ideal.

## APOYO METATARSAL

Hoy día, ya pueden considerarse superadas tanto la vieja teoría del trípo-de, según la cual el pie sólo apoyaba por las cabezas del primer y quinto metatarsiano, como su inversa, defendida por algunos autores alemanes, basándose en la frecuencia de las callosidades en la región, de que el máximo apoyo recaía en la cabeza de los metatarsianos centrales. Desde los trabajos de MORTON, la inmensa mayoría de los autores admite que todos los metatarsianos soportan carga. Si consideramos como de 6 unidades la carga que llega al antepié, 1 unidad cae en cada uno de los últimos metatarsianos y 2 a través de cada uno de los sesamoideos en el primer metatarsiano. El primer metatarsiano soporta el doble de peso que cada uno de los restantes.

A esta simple concepción de MORTON hay que hacerle unas consideraciones:

1.º- La posición "estática" de reposo absoluto no existe y sí una constante variación que modifica las condiciones de trabajo del antepié, que hacen inexactos muchos conceptos biomecánicos.

2.º- Como dice MARTORELL, para el perfecto funcionamiento del antepié debe existir un "equilibrio frontal en carga", cuya rotura es causa de metatarsalgia. Este equilibrio se halla en relación con el ángulo que forman los metatarsianos con la horizontal y la fijación de los mismos hacia abajo.

3.º- Durante la inclinación del cuerpo hacia adelante y más durante la fase

de despegue de la marcha, la carga sobre el primer radio es muy superior al doble de los restantes. Por esta razón, el primer metatarsiano tiene un grosor que es el doble, como mínimo, que cada uno de los demás, y, lo que es más importante, en su cara plantar se halla provisto del rodete glenosesamoideo, para que la cabeza metatarsal pueda realizar mejor su trabajo. Sería, según feliz expresión de HOHMANN, como un calzado que la Naturaleza le hubiese dado.

4.º- De DONCKER y KOWALSKI ha hecho una cuidadosa revisión de la fisiología de la articulación de Lisfranc. Consideran que deben considerarse tres articulaciones tarso-metatarsianas: interna, formada por la primera cuña y el primer metatarsiano; media, formada por dos cuñas y los dos metatarsianos centrales, y externa, constituida por el cuboides y los dos metatarsianos extremos.

La central sería prácticamente rígida. La externa e interna tendrían una amplia movilidad hacia abajo y adentro. La media sería como el cuerpo de un pájaro; las laterales, como las alas del mismo.

Estas últimas poseerían un efecto estabilizador. Cuando levantamos el pie del suelo bajan hacia abajo el primer metatarsiano y los dos últimos, mientras se colocan en el plano horizontal en posición erguida, cargando el pie. Por esto, en el pie de descarga, sí que bajan más el primero y el quinto metatarsiano, cosa que no ocurre en la bipedestación.

5.º- PISANI, con su podógrafo, ha comprobado que el metatarsiano más resistente a la flexión dorsal es precisamente el cuarto. Haciendo presión de la planta del pie hacia arriba con carácter progresivo, el último que se despega del suelo es la cabeza de dicho cuarto metatarsiano. Esto vendría confirmado por el hecho anatómico de que, en su articulación posterior con el cuboides, se ve bloqueada la flexión dorsal, lo cual explica que, en posición bipodal, al hacer el

balanceo de uno a otro pie, son precisamente estos cuartos metatarsianos los que sostienen la máxima carga. En el mismo sentido, en la carga unipodal habría un reparto de carga entre el primero, el más potente de los metatarsianos y sobre todos el dotado de más fuerza muscular que lo aplica fuertemente con el suelo, y el cuarto metatarsiano, el más resistente a levantarse.

6.º- Hace años, para investigar mejor este apasionante problema del apoyo de los metatarsianos, hicimos colocar a 100 sujetos normales (doscientos pies) en posición de "puntillas" encima del podoscopio y filmamos unas cincuenta imágenes por segundo la forma en que se realizaba el apoyo plantar de los metatarsianos. Comprobamos con sorpresa que éste era sumamente irregular, variaba constantemente de uno a otro pie y de uno a otro metatarsiano. A la inversa, se mantenía fijo, absolutamente estable el apoyo de los pulpejos de los cinco dedos. La explicación es simple: no hay terminaciones musculares en los metatarsianos y sí en los dedos: los flexos "de los dedos"; por esto, en posición de puntillas, éstos trabajan fuertemente pegados al suelo, como ventosa, mientras los metatarsianos, de forma más pasiva, van alternando su apoyo. Muchas metatarsalgias aparecen porque el metatarsiano no tiene la correspondiente ayuda del dedo, o porque se halla disminuida su potencia flexora.

7.º- El apoyo de cada radio ocupa una superficie muy variable. Relativamente pequeña para el primero y el segundo, se va extendiendo en los últimos, hasta que en el quinto apoya prácticamente toda la diáfisis, constituyendo la parte anterior del arco externo o de apoyo. De lo anterior se deduce el grave error que es la amputación de la cabeza del primero, mientras que impunemente puede amputarse la del quinto.

## ARTICULACIONES DE LOS DEDOS

Las articulaciones metatarso-falángicas, complementadas por las interfalángicas, constituyen, junto con el tobillo, lo que nosotros hemos denominado "articulaciones de movimiento" por su importancia durante la función de la marcha.

Debemos diferenciar, por una parte, la articulación del dedo gordo, y por otra, la de los restantes dedos.

La articulación metatarso-falángica del dedo gordo, además de la cabeza metatarsal y la cavidad glenoidea de la falange, tiene en su cara plantar el sistema glenososamoideo, formado por el cartílago glenoideo, que amplía la correspondiente cavidad de la falange con la que se halla íntimamente solidario y en el interior de la cual hay como una osificación estrechamente unida al resto del cartílago, formada por los dos sesamoideos, cuya unión se halla reforzada, a su vez, por un ligamento intersesamoideo.

Los sesamoideos dan inserción a los músculos cortos plantares de la parte interna del pie (el interno, al flexor y al aductor; el externo, al flexor y a los dos fascículos del abductor), cuya fuerza a través de los ligamentos glenofalángicos transmiten al dedo gordo, manteniendo éste fuertemente aplicado al suelo durante la posición de puntillas, con lo cual conservan el equilibrio de todo el cuerpo humano en esta postura.

Como ha resaltado LAKE, gracias a este sistema, en los movimientos de flexoextensión del metatarsiano, la cabeza de éste gira sin trasladarse (como el volante de un automóvil), manteniendo constantemente aplicado al suelo todo el dedo. En el fotopodograma, tanto en posición de apoyo bipodal como en puntillas, existe continuidad entre la huella de la planta y la del dedo gordo.

La articulación metatarsofalángica de los cuatro últimos dedos se halla forma-

da por la cabeza del metatarsiano, prolongada hacia abajo con el cóndilo metatarsal, que forma el verdadero apoyo anterior del antepié y la cara articular posterior de la primera falange. Al no disponer del sistema glenosesamoideo durante la flexoextensión, la cabeza del metatarsiano, al girar, también se traslada (como las ruedas de un automóvil), empujando hacia adelante las falanges que, frenadas en su parte distal por los tendones flexores y extensores largos, se apelonan sobre sí mismas, tendiendo a hacer unos dedos "en garra" con luxación dorsal metatarsofalángica. Para que ésta no sea completa, están los músculos lumbricales o interóseos que en la flexión dorsal de los dedos aplican la primera falange al suelo, facilitando de esta forma el equilibrio en posición de puntillas.

La función de las interfalángicas de los dedos, muy limitada en los últimos (en el quinto, la interfalángica distal muchas veces no existe), complementan la de la metatarso-falángica en el sentido de facilitar la adaptación de los dedos al suelo irregular. Es muy limitada su función cuando se camina calzado.

Los dedos del pie son necesarios en la posición bípeda para caminar, para correr, para el salto y para ayudar a la adaptación del pie en terrenos irregulares. Al apoyarnos en las eminencias digi-toplantares, al ponernos en puntillas, sólo los dedos pueden vencer el balanceo y mantenernos en equilibrio.

La importancia de la función de los dedos del pie tiene una clara traducción clínica en los trastornos que se producen cuando, a consecuencia de un síndrome de insuficiencia del primer metatarsiano, se produce una luxación patológica de los dedos centrales. Los metatarsianos, mal preparados para esta función de sostén activo, no realizan bien el trabajo de la marcha, y de aquí la frecuencia de dolores y aún de fracturas por sobrecarga en estos casos. Destaquemos también la importancia que en Podología tiene la reeducación funcional de la flexión digital.

## **EQUILIBRIO BIOMECANICO**

El pie se halla formado por un sistema de palancas que tanto desde el punto de vista estático como dinámico, debe hallarse equilibrado. El balance comprende:

- 1.º Equilibrio entre las fuerzas del retropié y las del antepié.
- 2.º Equilibrio entre el trabajo del primer radio y el de los radios laterales.
- 3.º Equilibrio entre el trabajo de las cabezas metatarsianas y el de los dedos.

La ruptura de este equilibrio da origen a los principales tipos de metatarsalgias de origen biomecánico.