

Podología y Dinámica: Análisis del impulso

Martín Rueda

Podólogo

RESUMEN

Este estudio tiene por objeto el resaltar de una manera especial la importancia de las alteraciones metatarsales, ya sea por desalineaciones o por alteraciones craneo caudales, en el momento concreto del impulso, así como establecer una relación entre éstas y las alteraciones torsionales de la extremidad, al establecerse una relación entre las variantes del ángulo de Merchan y su incidencia sobre otras articulaciones o componentes segmentarios de las extremidades inferiores.

RESUM

Aquest estudi té per objecte destacar d'una manera especial la importància de les alteracions metatarsals, sigui per desaliniacions o per alteracions crànio-caudals en el moment concret de l'impuls, així com establir una relació entre aquestes alteracions i les torsionals de l'extremitat en produir-se una relació entre les variants de l'angle de Merchan i la seva incidència sobre altres articulacions o components segmentaris de les extremitats inferiors.

SUMMARY

The purpose of this survey is to particularly underline the importance of metatarsal alterations either owing to disalignments or caudal alterations of the cranium, at the specific moment of pulse, and also to establish a relation between these and torsional alterations of the limb, having established a relation between the variants of the Merchan angle and its incidence on other joints or segmentary components of the lower limbs.

Este estudio está centrado básicamente en el momento del impulso dinámico, para relacionar éste con la patología del pie, en esta corta fase del ciclo de la marcha, aun teniendo en cuenta el riesgo que representa adjudicar conceptos más o menos fijos a un sistema de amortiguación en movimiento constante y hasta en cierto desafío a los principios elementales de la cibernética.

Se define como impulso a la parte del ciclo dinámico que tiene por objeto imprimir una aceleración constante al individuo a través de la acción coordinada de los diferentes componentes músculo-esqueléticos que en conjunto constituyen cada una de las extremidades inferiores.

Estaría situado entre las fases de APOYO UNIPODAL Y ÁREA U OSCILANTE de cada pie, iniciándose con la flexión de LA TIBIA SOBRE EL PIE QUE APOYA (contracción de pretibiales y musculatura plantar), continuando con la contracción SINÉRGICA DE LOS EXTENSORES DEL TOBILLO, y acabando con la pérdida de contacto o abandono del pie sobre el suelo, para iniciar la fase aérea.

Se inicia con apoyo unipodal y estructura podalica tipo bóveda, para finalizar con apoyo bipodal y sistema de trabajo tipo palanca. Fig. 1a.

Durante el mismo se requieren al principio (máxima intensidad), la COLABORACIÓN DE TODOS LOS ELEMENTOS DEL PIE, con apoyo total del mismo sobre el suelo, debido a que este momento significa la ESTABILIZACIÓN o punto de partida del cual va a depender en gran manera la calidad del impulso, es decir, LA INTENSIDAD Y LA DIRECCIÓN de la trayectoria. Fig. 1b. Esta colaboración se va desestimando posteriormente en relación con la exigencia mecánica DECRECIENTE de atrás hacia adelante, hasta finalizar con el pulpejo del primer dedo, responsable del "último empujón" que nos traslada a la fase siguiente del ciclo.



Figura 1a

Durante este momento del paso, de máxima importancia en la dinámica, el pie pasa por **TODAS SUS FORMAS DE TRABAJO**, en un sincronismo continuo con los movimientos de la extremidad que se extiende y se flexiona por sus articulaciones a través de diferentes ejes y planos.

Ello explica los diferentes movimientos rotatorios axiales entre segmentos que se compensan entre sí, cumpliendo un efecto de barra de torsión **CON FINES AMORTIGUADORES**.

Vemos que se trata de una fase importante de la marcha que requiere una firmeza pie-suelo capaz de "reemprender" en cada apoyo la **TRAYECTORIA ANTERIOR AL CENTRO DE GRAVEDAD**.

Es importante observar que durante la dinámica nunca apoyan a la vez los componentes sinónimos de cada pie, es decir, cuando un pie apoya totalmente, el otro está en fase de oscilación: cuando uno apoya el talón, el otro lo hace por el antepié, y

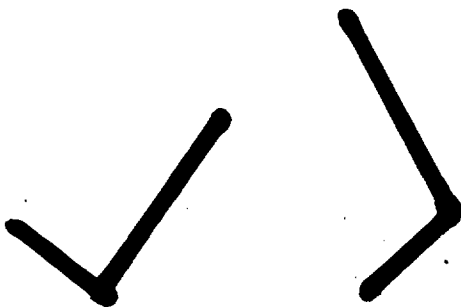


Figura 1

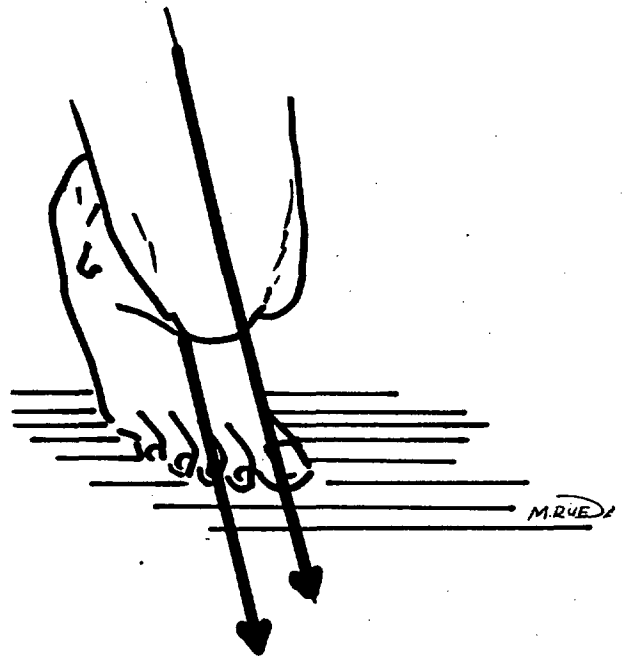


Figura 1b

cuando uno empieza a apoyar los metatarsianos externos, en un momento de desaceleración, el otro los está despegando en una fase de aceleración. Es un sistema de equilibrio perfecto mediante el cual la suma de los elementos que en cada momento del apoyo mantienen el peso del cuerpo, equivale a la totalidad de los que forman un solo pie. Fig. 1.

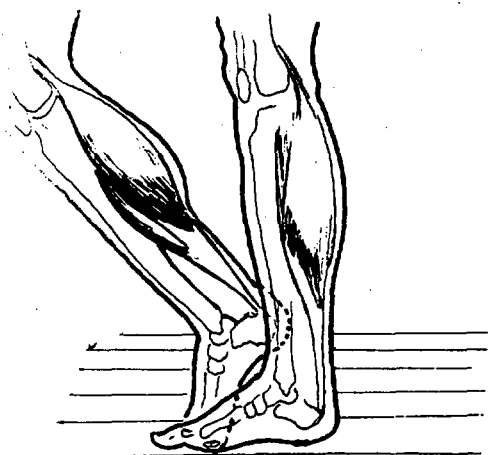
Momentos del pie que impulsa

El pie que fue lanzado anteriormente durante la fase de oscilación, iniciará su primer contacto anterior sobre el suelo por el arco **EXTERNO**.

Tras su apoyo total, la acción de los pretibiales flexiona la pierna sobre el pie unos 15 grados, en un momento en que es requerida la acción de todos los segmentos digitometatarsales: **FASE ESTABILIZADORA O DE PRE-IMPULSO**.

La inmediata contracción de los extensores, eleva al talón del suelo, extendiendo la articulación del tobillo (conjunto de tres articulaciones anatómicas), y proyecta al centro de gravedad del cuerpo hacia adelante: **FASE DE APOYO DE ANTEPIÉ Y SISTEMA DE TRABAJO TIPO PALANCA**. Fig. 2

La zona de apoyo en este instante queda limitada al llamado **TRIÁNGULO METATARSO-DIGITAL**, que está definido en su parte posterior por el apoyo de las articulaciones metatarso-falángicas, y distalmente por el digital, constituyendo un momento importante de amortiguación por la flexión de los dedos, que evita desplazamientos anteriores y aumenta la superficie de apoyo, otorgándose así un gran protagonismo a la musculatura intrínseca y al ligamento transversal.



M.R

Figura 2

Durante el abandono del pie del suelo se produce la máxima extensión pie-pierna y se proyecta la carga exclusivamente hacia el primer radio. Fig. 2a.



Figura 2a

Por tanto, el centro de máximo empuje, resultante de los movimientos coordinados anteriores de cada extremidad durante la marcha, ha cambiado periódicamente la situación del fulcro, imprimiéndole un recorrido elíptico creciente de fuera a adentro y de atrás hacia adelante, COINCIDENTE CON LA FÓRMULA METATARSAL, Fig. 3, que está definida por el perímetro de las articulaciones metatarso-falángicas de los cinco segmentos radiales, cuya longitud y divergencia está relaciona-

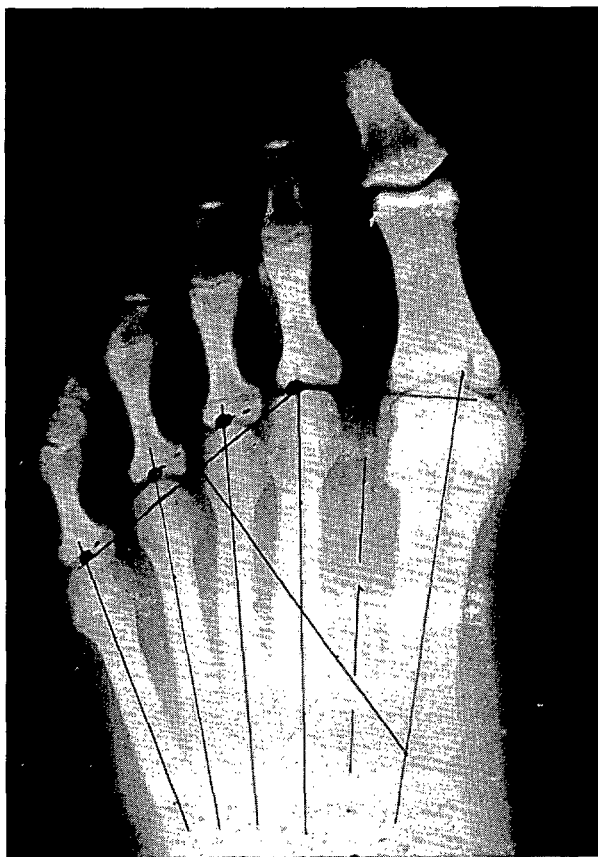


Figura 3

da con la exigencia mecánica derivada del comportamiento cinético de los diferentes vectores que constituyen la extremidad, que deben mantener constantemente la relación entre sí y en conjunto, para evitar de esta manera la PÉRDIDA DE FUERZA O DESEQUILIBRIO que no garantizaría la firmeza y estabilidad necesarias para proporcionar un impulso normal.

Consecuentemente, LA ESTABILIDAD DEL IMPULSO estará en función de:

- ESTADO MÚSCULO TENDINOSO
- ESTABILIDAD ARTICULAR
- COMPENSACIÓN ENTRE LOS MOVIMIENTOS ACXIALES ENTRE EJES
- CONFIGURACIÓN DE LA FÓRMULA METATARSAL

Respecto a los ejes de la extremidad, durante la marcha se producen flexiones simultáneas combinadas con torsiones, cuyo objetivo es, además de neutralizar la onda de choque, proporcionar al cuerpo una trayectoria anterior ÚNICA CON EL MÁXIMO AHORRO ENERGÉTICO. Fig. 4.

Por tanto, las antetorsiones o retortorsiones femorales, las torsiones tibiales, los movimientos articulares y la orientación de la fórmula metatarsal, han de estar equilibradas entre sí. De esta manera, el centro de máximo empuje pasa del ARCO EXTERNO (fase de pre-impulso), hacia el PRIMER SEGMENTO (en la de abandono del pie sobre el

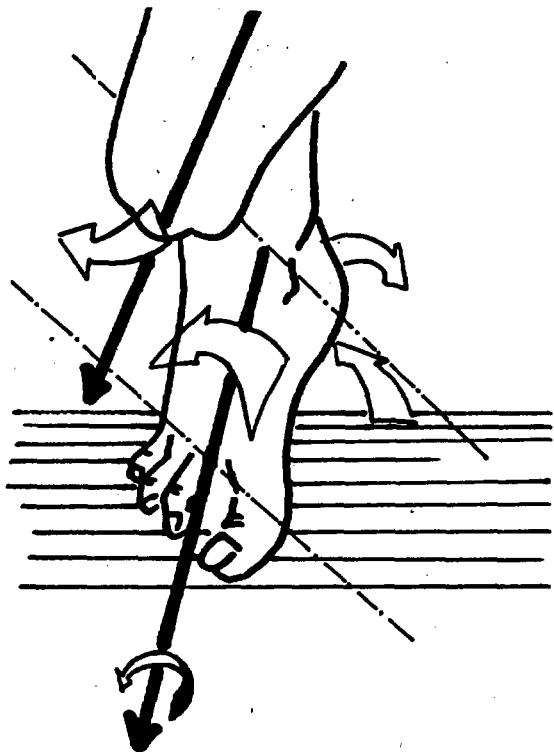


Figura 4

suelo) describiendo un recorrido que se compensa en cada momento del paso con las diferentes torsiones de rodilla y tobillo, por lo que cuando éstas no están equilibradas, se producen estados de inestabilidad, con CORRECCIONES CONSTANTES DE LA TRAYECTORIA Y GRAN DERROCHE ENERGÉTICO. Fig. 5.

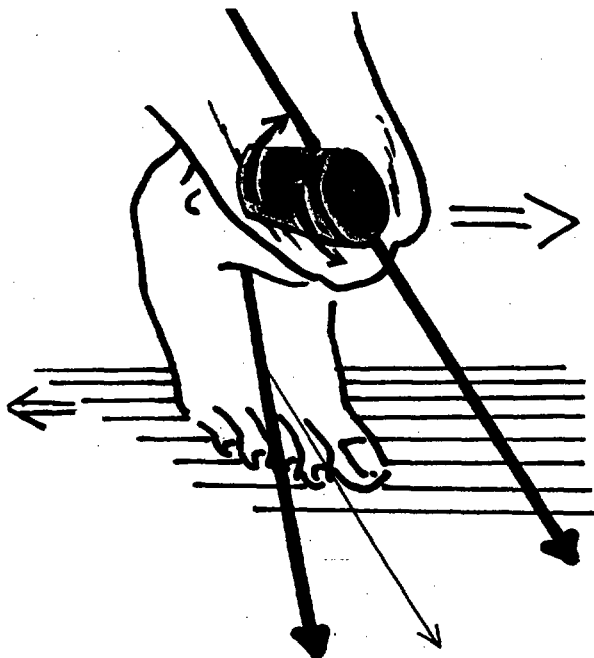


Figura 5

Fórmula metatarsal y recorrido anterior del centro de gravedad

En el momento dinámico que antecede al impulso, el antepié desciende suavemente sobre el suelo en ligera supinación, debido a la acción de freno de los pretibiales, que ejercen una contracción excéntrica, y a la orientación del eje articular. Fig. 6.

Entre los primeros, EL TIBIAL ANTERIOR es el más potente y el responsable de la supinación por la que el máximo apoyo anterior se inicia sobre el arco externo, y concretamente, SOBRE EL CUARTO METATARSIANO COMO MÁS ESTABLE.

La acción sinérgica de los peroneos y tibiales estabilizan lateralmente al tobillo y la contracción de la musculatura plantar mantiene la COHERENCIA TENSIONAL de la bóveda.

Quando han apoyado todos los metatarsianos continúan su contracción el peroneo lateral largo y el tibial posterior conjuntamente con el tríceps. Al tener los dos primeros inserción sobre el primer segmento, FIJAN A ÉSTE CONTRA EL SUELO, convirtiendo a la cabeza del primer metatarsiano en el FULCRO DE LA PALANCA sobre la que se va a imprimir el rodamiento. Así, desde que el antepié contacta con el suelo hasta este momento, el punto de máximo apoyo o de mayor empuje metatarsal,

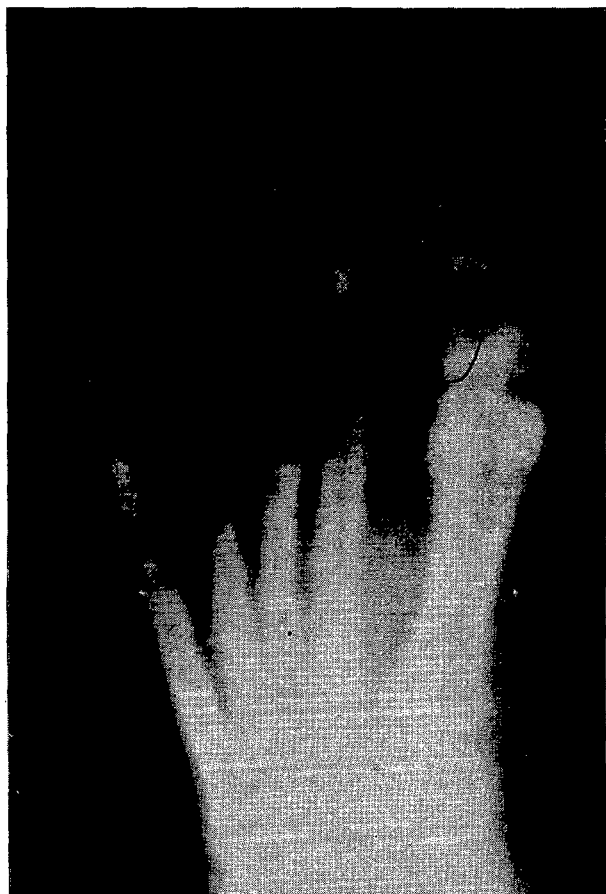
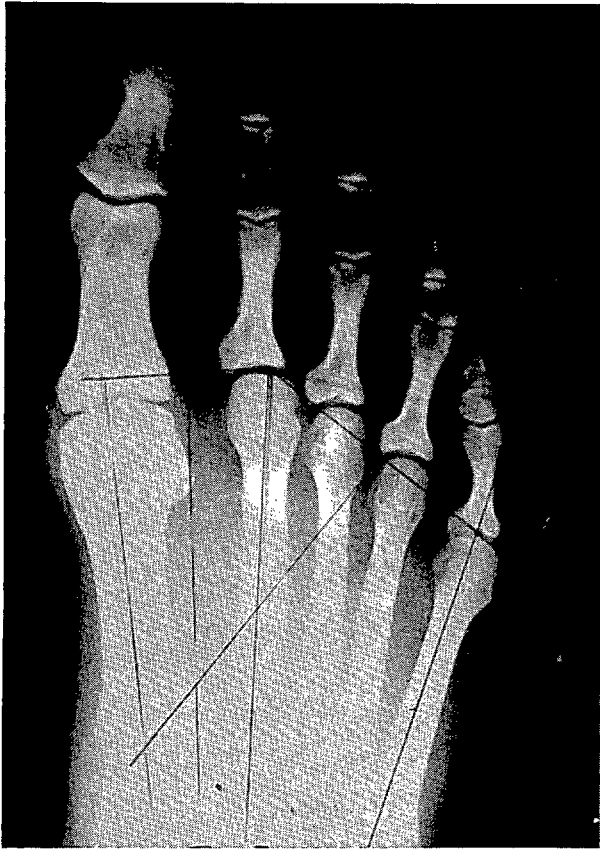


Figura 6a



que se inició sobre el ARCO EXTERNO, HA PASADO POR TODAS LAS CABEZAS hasta finalizar en la primera describiendo en movimiento anterior progresivo y creciente. Fig. 6a.

Por tanto, CUANDO EXISTEN ALTERACIONES EN LA PROGRESIÓN DE LA FÓRMULA METATARSAL, O ESCALONAMIENTO ARBITRARIOS entre las distintas articulaciones que la integran, se producen SALTOS DE PRESIÓN, ROTACIONES O AUMENTOS DE INTENSIDAD-TIEMPO en su forma de trabajo, que si no son correctamente compensados serán motivo de patología local o a distancia. Fig. 7.

Debemos aquí recordar que todo movimiento en supinación o pronación del pie cuando éste se encuentra en extensión, se traducirá en rotación interna o externa de la extremidad. Fig. 7a.

Vistas así las cosas, EL PRIMER METATARSIANO, el más potente y móvil de los cinco, se ha convertido por unos momentos, bajo la tutela del segundo, EN EL FULCRO SOBRE EL CUAL SE EJERCE LA MAYOR INTENSIDAD DEL IMPULSO.

Anatómicamente ya está preparado para ello, como lo demuestra el hecho de que CINCO DE LOS DIEZ músculos largos pie-pierna toman su inserción o parte importante de la misma en el primer segmento, que además tiene su propio sistema de músculos cortos (los más potentes de

entre los intrínsecos), y está protegido por el rodete sésamo-glenoideo sobre el cual SE DESLIZA SIN ADELANTARSE, para ofrecer de esta forma un PUNTO DE APOYO ESTABLE, capaz de responder a la fuerza impulsora que le es solicitada.

La relativa falta de estabilidad de este primer segmento se ve REFORZADA por la acción de un TUTOR, más fijo que sería EL SEGUNDO METATARSIANO, que se comporta a modo de guía lateral, como lo hiciera el peroné respecto a la tibia. Por eso la longitud de ambos en el momento del impulso debe SER SIMÉTRICA, y la tangente anterior a los mismos, PARALELA.

La valoración de su longitud funcional es compleja y no real si se obtiene a través de la imagen radiográfica dorso-plantar, que evidentemente no es una imagen real bajo un punto de vista dinámico, por lo que habría que sumarle el valor del grosor de los sesamoideos que se sitúan EN UN SENTIDO APICAL cuando el metatarsiano se verticaliza.

Obviamente, sería una valoración más exacta si se efectuase sobre la radiografía dorso-plantar en carga, MANTENIENDO EL ÁNGULO DINÁMICO de cada persona y trazando la tangencial al segundo metatarsiano, perpendicular a la bisectriz de su ángulo respecto al primero. Esta línea, pasará discretamente adelantada respecto a la cabeza del primer meta, al que en posición de despegue habría que sumar la altura sesamoidea, valorable mediante la proyección de Walter-Muller.

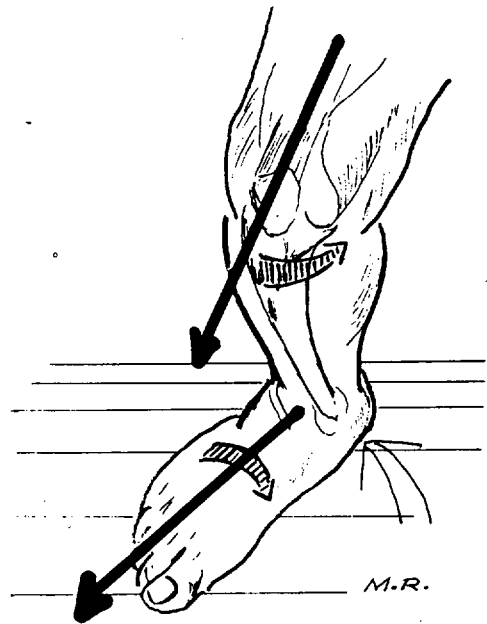


Figura 7a

La fórmula metatarsal y su incidencia en el impulso

Si bien la orientación de la fórmula metatarsal tiene incidencia en toda la dinámica, es en la fase de impulso donde será más patente, básicamente en el momento de apoyo metatarso-digital, donde los diferentes segmentos tienden a colocarse en prolongación al eje de la pierna, con tiempos e intensidades de apoyo **DIRECTAMENTE PROPORCIONALES A SU LONGITUD U ORIENTACIÓN.**

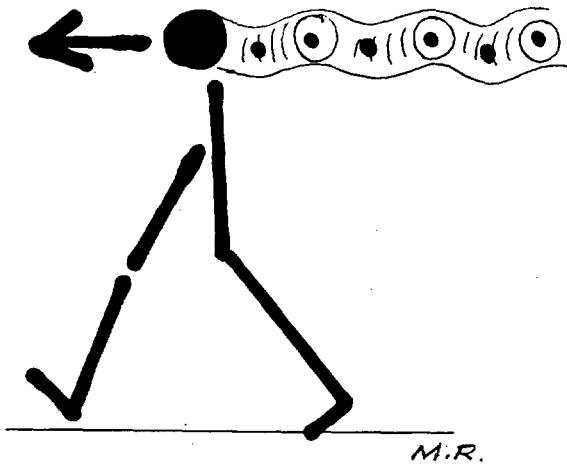


Figura 8

En el transcurso de la carrera, los diferentes segmentos de cada extremidad se **FLEXIONAN Y REPLEGAN** entre sí a través de sus ejes anatómicos produciendo un movimiento al centro de gravedad discretamente sinusoidal, **ÚNICO y REGULAR.** Fig. 8. Cuando estos ejes no son paralelos se producen **TRAYECTORIAS BIDIRECCIONALES** que es necesario corregir sobre la marcha. Fig. 9. Por tanto, cuando la fórmula metatarsal **NO SIGUE UNA LÍNEA ELÍPTICA PRECISA, REQUIERE LA PARTICIPACIÓN CONSTANTE DE LOS SISTEMAS MUSCULARES, PARA "ENDEREZAR",** y consecuentemente se van produciendo **ROTACIONES METATARSO-SUELO, CAUSANTE DE SOBRECARGAS** en intensidad o tiempo a nivel de las diferentes palancas.

Estas rotaciones que se efectúan en una posición de **APOYO DE ANTEPIÉ,** se **TRANSMITEN A TODA LA EXTREMIDAD EN EL MISMO SENTIDO,** y pueden, en función de las permisiones de cada articulación producir su efecto microtraumático fuera del pie, encontrándonos así patologías de rodilla o cadera, como pueden ser, entre otras, sobrecargas de aductores, tendinitis, flexores de la corva, o de rotuliano, patologías relativamente frecuentes en insuficiencias de metatarsianos extremos. Existe no obstante otra patología clara, localizada en el pie por idénticas causas de brevedad de segmentos extremos, que es la **SOBRECARGA DE LOS**

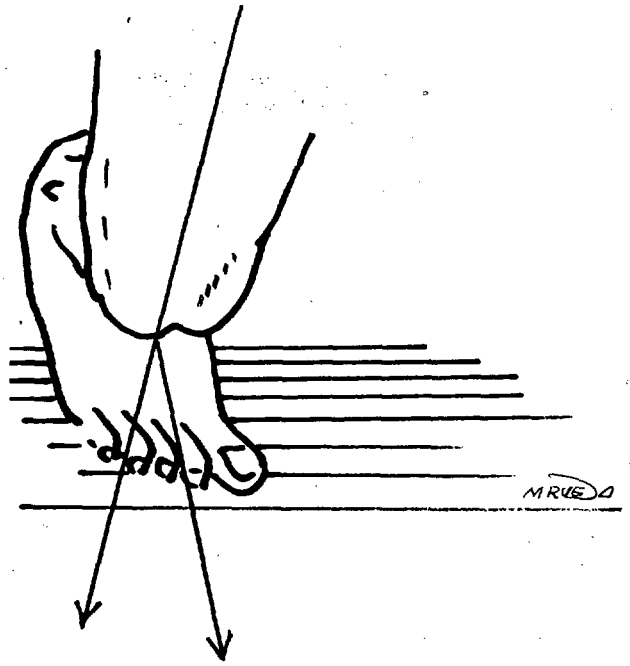


Figura 9

CENTRALES. Efectivamente, podemos autocompensar deficiencias de quinto sobrecargando a primero, o viceversa, pero cuando ambos son cortos, la única alternativa es la acumulación de funciones en los centrales, que en función de la elasticidad articular pueden presentar dos entidades patológicas diferentes;

- SÍNDROME DE SOBRECARGA, con queratosis subcapital
- SÍNDROME DE HIPERFUNCIÓN, con reacción dolorosa diafisaria y cunealgias.

Es importante tener presente que con frecuencia, ante una alteración metatarsal, pueden ponerse en marcha una serie de modificaciones antiálgicas para aislarla o reducirla, fig. 9, lo que en ocasiones hace que el motivo de la visita esté situado fuera del pie, "camuflando" de esta manera el factor desencadenante o primario.

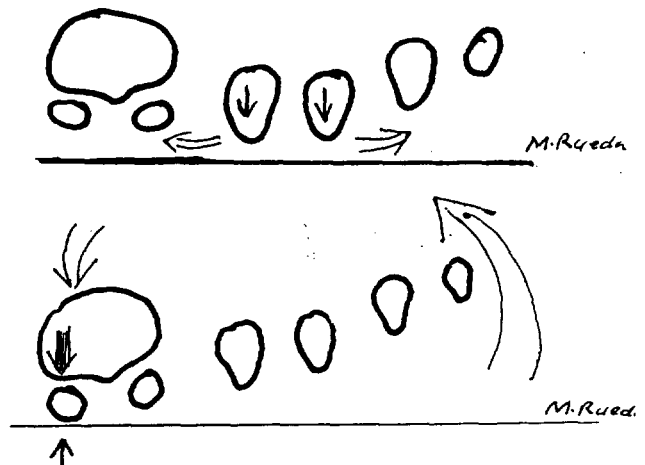


Figura 9a

Tratamientos de las insuficiencias de los metatarsianos externos

Pueden presentarnos dos grupos patológicos diferentes en cuanto a etiología y tratamiento:

- 1) ESCALONAMIENTO METATARSAL, por:
 - a) brevedad exclusiva del quinto
 - b) brevedad del cuarto
 - c) brevedad de ambos
- 2) OBLICUIDAD EXTERNA PROGRESIVA A PARTIR DEL SEGUNDO.

En el supuesto primero, que comprende tres subgrupos, la manifestación clínica será a la sobrecarga del meta-adyacente más largo, por salto de presión o efecto de rueda dentada, con reacción queratósica tipo heloma subcapital, o discretamente adelantado si se trata del cuarto o tercer segmentos, pero difícilmente será motivo de patologías DIRECTAS fuera del pie.

En el grupo 2, la patología puede estar fuera del pie, como torsiones tibiales externas o gonopatías, o bien en él en forma de sobrecargas de los internos, por autocompensación o postura antiálgica. Es difícil en cambio que se presente patología subcapital de 3, 4 ó 5, debido a que la brevedad se produce de forma suave, sin "saltos" entre metatarsianos contiguos.

Los tratamientos irán encaminados a alargar las palancas cortas o a elevarlas. La diferencia estriba en que toda cuna anterior externa en la plantilla, que esté colocada DEBAJO DE LOS METATARSIANOS, tendrán un efecto estático y por tanto irá encaminada a equilibrar presiones en antepié y equilibrar varismos. Por contra, toda cuna que SE INICIE A PARTIR DE LA METATARSO-FALÁNGICA, EN SENTIDO ANTERIOR CRECIENTE, no tiene efecto en la estática y si en cambio en la dinámica, modificando la fórmula metatarsal y provocando torsión durante el impulso.

Es decir, la CUNA EXTERNA SUBCAPITAL SÓLO ELEVA Y POR TANTO, SÓLO TIENE EFECTO BÁSICAMENTE ESTÁTICO, y en cambio la ANTERIOR, ALARGA Y AUMENTA EL TIEMPO DE TRABAJO DEL META SOBRE EL CUAL ACTÚE, PRODUCIENDO EFECTOS ROTACIONALES INTERNOS DE LA EXTREMIDAD, Y CARECIENDO DE EFECTO ESTÁTICO. Fig. 10-11.



Figura 10

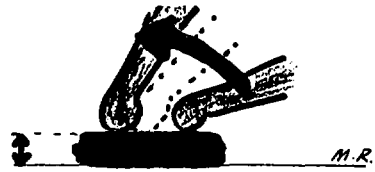
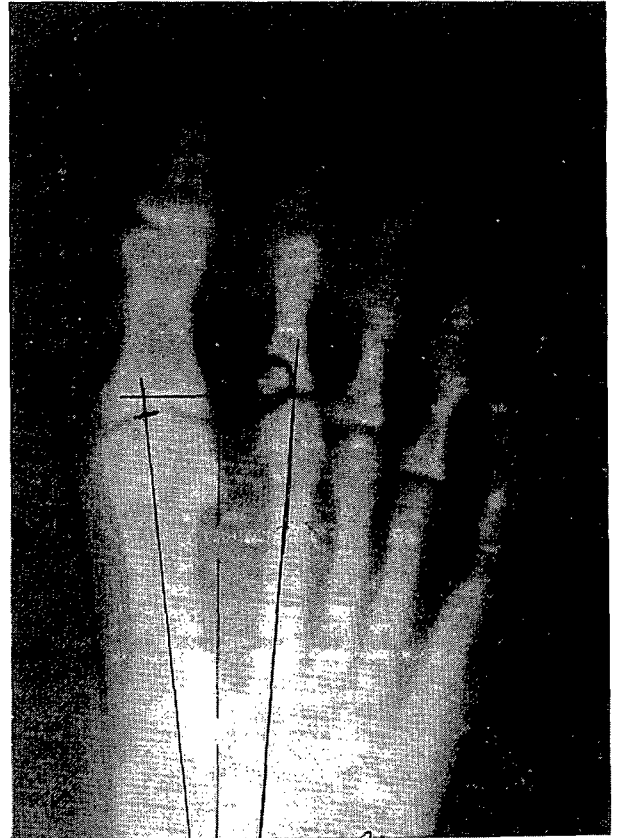


Figura 11

Longitud y patomecánica del primer segmento

El estudio patomecánico del primer segmento debe siempre hacerse con relación a segundo, por trabajar ambos de forma sincrónica durante el impulso, el primero como verdadero catapultor y el segundo como guía lateral estable. Por tanto la longitud funcional de ambos será SIMÉTRICA hasta el último instante, en que la situación MÁS APICAL DE LOS SESAMOIDEOS ALARGA SENSIBLEMENTE AL PRIMERO. En la fase puramente de impulso sobre primero y segundo, el eje mecánico de la extremidad al llegar a la tibiotarsiana se divide en DOS VECTORES QUE SIGUEN LAS PROLONGACIONES DEL CUERPO Y CUELLO ASTRAGLINO, encontrando su continuidad en LAS DIÁFISIS DE PRIMERO Y SEGUNDO METATARSIANOS, Y SU COINCIDENCIA CON LA BISECTRIZ de su ángulo. Fig. 12. La línea TANGENCIAL al segundo



SERÁ PERPENDICULAR A ESTA BISECTRIZ Y A LA LÍNEA DE PROGRESIÓN DEL CUERPO, y el PRIMER METATARSIANO será CORTO o LARGO según su relación a la misma. De esta forma, el pie en un momento de equidismo propio de la última fase del impulso se apoya sobre dos segmentos a modo de horquilla, por tanto, cuando son desiguales, la resultante queda desplazada lateralmente, provocando la INESTABILIDAD DEL CONJUNTO O LA SOBRECARGA DEL SEGMENTO MÁS LARGO.

Las consideraciones acerca del comportamiento mecánico de nuestros pies, aplicadas al momento dinámico del impulso, se verán enormemente aumentadas en la práctica deportiva, no sólo por el adelantamiento constante del centro de gravedad, para producir una aceleración al sujeto, sino también por el acumulamiento de funciones en antepié, consecuencia de la disminución de la fase de apoyo de talón con la consecuente pérdida a este nivel de el efecto amortiguador.

Es por todo ello que las alteraciones de los pies de los atletas producen a veces verdaderos trastornos mecánicos en las extremidades, ya que ante un inicio sintomático, se producen situaciones de apoyo anormales, como anteriormente he mencionado, lo que conlleva a sobrecargas musculares derivadas del intento de huida para silenciar puntos dolorosos.

Por tanto es necesaria la confección de soportes plantares perfectamente adaptados, de poco peso, gran ligereza y resistencia a deformarse, con un efecto amortiguador que tienda a neutralizar las vibraciones anormales acumulativas que provocaría lógicamente estados patológicos.

Se impone por tanto una podología preventiva que tienda a reducir en lo posible esa fatídica lesión por sobrecarga que siempre se manifiesta cuando se intensifica el ejercicio cara a certámenes, campeonatos o pruebas deportivas.

Actualmente no es difícil detectar estados de sobrecarga, aún en periodos clínicamente mudos, habida cuenta de la gran ayuda que nos prestan los elementos de diagnóstico podológicos, encaminados a detectar presiones durante la marcha, así como estados torsionales o desviaciones segmentarias.

Indudablemente, el tema en esta ocasión analizado de forma muy superficial, requeriría para un estudio más pormenorizado, que espero en breve seguir ofreciendo, aunque sólo sea para contrastar puntos de vista a veces diferentes, pero con la sola idea de mejorar la salud física de nuestros pies, en cuyo caso, si eso se consigue ya me doy por satisfecho.

Bibliografía

- PLAS, F.; VIEL, E.: *La marcha humana*.
RUEDA, M.: *El pie* Rev. Asc. Catalana de Podòlegs.
RUEDA, M.: *Revista Española de Podología*.