

Introducción a la biomecánica del pie (IV)

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 cuarto 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.

CONSIDERACIONES PREVIAS A LA VALORACION

METATARSAL

Es importante que antes de proceder al estudio de las alteraciones dolorosas del antepié, comúnmente conceptuadas con el diagnóstico genérico de metatarsalgias, tengamos en cuenta una serie de consideraciones, ya que esta zona del pie, por su importancia durante la estática y la dinámica, puede ser asiento de diversas patologías que con mucha frecuencia están situadas a distancia.

En esta florida patología juega un papel decisivo la rápida evolución que como consecuencia del calzado y el sedentarismo está adoptando el pie. Pocos adultos conservan la capacidad de abrir en abanico los dedos del pie. Su musculatura intrínseca está prácticamente atrofiada por el uso de un

El calzado irracional atrofia progresivamente la musculatura intrínseca del pie e inestabiliza considerablemente la pisada



calzado compresivo y antifisiológico y por la ausencia de suelos irregulares de manera habitual, donde el pie tienda a desarrollar su potencia y posibilidades reales.

Claro ejemplo supone el músculo abductor del primer dedo, en franca regresión funcional, y responsable, entre otros factores de la proliferación de hallux y de alteraciones del arco longitudinal interno.

Por otro lado se está fomentando de manera clara el deporte especializado y competitivo, donde el pie se somete a cargas repetitivas que en ocasiones sobrepasan su límite de resistencia mecánica, apareciendo patologías propias y características de ciertos deportes.

Es por ello que a la hora de hacer una valoración metatarsal hay que tener en cuenta muchos factores determinantes, para de alguna manera, representar en consulta aquellos gestos o posiciones que sean más repetitivos o afines al trabajo, posición social, laboral o actividad deportiva que practique el paciente.

Algunas actividades deportivas ponen a prueba la capacidad y resistencia de nuestros pies



EVOLUCION DEL ESTUDIO METATARSAL

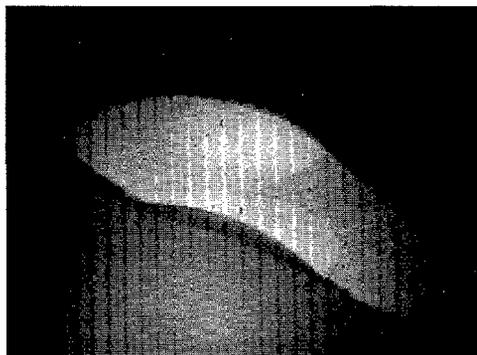
Como podemos apreciar, los conceptos referentes a la etiología, diagnóstico y tratamiento de las afecciones metatarsales han sufrido en los últimos tiempos una rápida evolución, debido tanto a su contemplación dinámica como al desarrollo de nuevas técnicas de diagnosis y a la aparición e incorporación de materiales más adecuados.

Hasta no hace mucho tiempo el término metatarsalgia era usado como único diagnóstico para determinar una amplia patología con asiento en antepié, y su tratamiento habitual se resumía a la aplicación más o menos acertada de descargas retrocapitales cuya misión era elevar las diáfisis hasta un plano suficiente para que en estática disminuyese la intensidad de su apoyo. Esto podía ser más o menos útil en personas de edad avanzada, en las que la fase de impulso sobre antepié es prácticamente nula, o en casos de patologías puramente estáticas.

Pronto se vio que con ello se actuaba solo en un corto espacio de tiempo dentro del proceso dinámico, y que por tanto, la mejoría era objetivable tan solo en el momento estático.

Con el intento de prolongar el tiempo de actuación de la plantilla, se prolongó ésta con materiales flexibles de menos densidad, tipo foam, y se introdujeron las siliconas.

Plantilla confeccionada por elementos



Ambas aportaciones vinieron a constituir un avance importante, con resultados más satisfactorios, a la vez que sirvieron para demostrar, por sus zonas de depresión, que hay un momento en el que las presiones se adelantan considerablemente durante el impulso, de manera muy especial cuando las plantillas eran usadas con calzado de tacón.

Parecía a partir de aquí más lógico que las exploraciones y los moldes se efectuasen colocando al pie en un ligero equinismo, por lo que se hizo necesario el empleo de tacones de diversas alturas para conseguir el diagnóstico y acoplar la plantilla.

Ello hizo que los materiales rígidos, tipo plexidur, duraluminio o fibra de vidrio se sustituyesen o complementasen con otros más elásticos, que nos permitiesen sobrepasar la línea de las metatarso falángicas, con lo cual se conseguía un mayor porcentaje de éxitos. Viene la era del cornaylon, foams de diversas durezas, resinas, sobortholent, inclusiones de silicona, etc.

A pesar de ello siguieron existiendo casos en los que inexplicablemente por aquel entonces, el índice de satisfacción no era el deseado. Se hace imprescindible reconsiderar todo lo empleado y centrar cada vez más la atención en el área metatarso-digital, es decir, primar la atención sobre el momento dinámico o de impulso. Se amplían los conceptos de valoración funcional de la fórmula metatarsal, considerando sus planos de movimiento, los efectos de torsión y las longitudes metatarso-digitales como segmentos aislados.

Aparecen sistemas para valoración y cuantificación de torsiones y ángulos, así como de la huella dinámica con adhesivos aplicados sobre el podoscopio con iluminación tangencial, y en un plano más científico se incluye la electrónica y los sensores de presión, aunque por su elevado coste, todavía resultan privativos.

ESTUDIO MECANICO DE LA REGION METATARSO

DIGITAL

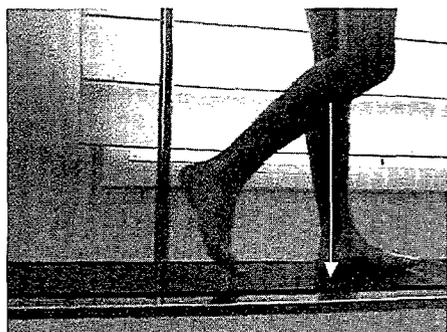
La contemplación de las conclusiones expuestas, nos dan pie a adentrarnos en el estudio del antepié bajo un prisma puramente biomecánico, teniendo presente que su función más importante la realiza en la dinámica, y dentro de ésta en la fase puramente de impulso.

Aceptamos que en la ejecución de un paso se realizan movimientos flexo-rotatorios, que tienen como objeto desplazar al centro de gravedad del cuerpo en un sentido anterior lo más plano posible, buscando siempre un sistema ideal de trabajo económico.

En dinámica, el momento que requiere más estabilidad por parte del pie correspondería al de apoyo unipodal, donde es sometido además a mayor compresión vertical, y el de mayor esfuerzo en impulso para desplazar al centro de gravedad, es decir, el final de apoyo total y el inicio del despegue de talón, o primer momento de impulso, hasta el paso del centro de gravedad sobre la vertical.

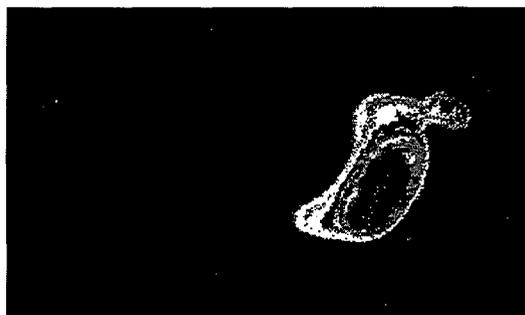
A partir de aquí la propia aceleración unida al descenso del centro de gravedad hacen que el esfuerzo sea menor, ya que además coincide con una fase en la que ambos pies están en contacto con el suelo. Sería el momento de apoyo bipodal, durante el cual, el pie atrasado está realizando un trabajo puramente de empuje, siendo el adelantado el protagonista en el "arrastré" hacia el nuevo ciclo dinámico. El trabajo de "empuje" requiere un sistema tipo palanca, y por tanto necesita fuerzas de impulso y no de compresión. Se inicia

La fase unipodal somete al pie a la mayor carga, que la absorbe mediante la pronación



con el apoyo de cinco palancas y finaliza con el del pulpejo del primer dedo. Por ello al principio requiere más esfuerzo muscular y solicita la contracción del músculo más potente de la pierna: el tríceps, hasta finalizar con el más débil: el flexor propio del primer dedo.

Presiones metatarsales en fase de impulso



Simultáneamente, este trabajo que se va desestimando en el pie atrasado, va siendo requerido en el adelantado, que se convertirá en bóveda para aguantar por unos momentos todo el peso del cuerpo y permitir así que el otro pie pase a fase de oscilación. Este mecanismo hace que nunca trabajen a la vez sistemas equivalentes en uno y otro pie durante la dinámica.

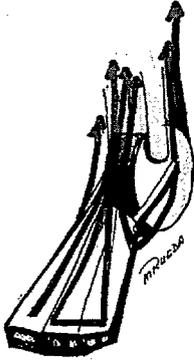
En este momento cinemático es de suma importancia no solo la disposición y situación de las diversas piezas esqueléticas del pie, sino también la orientación de sus ejes y caras para "ver" el trayecto que seguiría un punto imaginario donde se concentra la mayor presión. Para ver como este punto se desplaza de un hueso a otro, forzosamente tenemos que fijarnos en los sistemas de músculos del pie, cuyo recorrido imprime una direccionalidad anterior y latero medial.

Como veremos en el capítulo correspondiente a la secuencia muscular, cada músculo trabaja durante un tiempo, un momento y en una dirección determinada, en forma de secuencia, que si es alterada rompe el esquema de funcionamiento normal, para lo cual solicita que otro músculo trabaje fuera de su tiempo desencadenando un reajuste, que siempre al final se traduce en torsión o sobrecarga en algún punto de la cadena.

La mera observación de la anatomía del pie, en la que hemos contemplado que se pierde tanto resistencia ósea como potencia muscular, de atrás hacia adelante, así como la orientación de las distintas correderas anatómicas por donde transcurren los tendones y direccionan su fuerza, justifican plenamente este hecho.

Durante el momento de empuje o impulso propiamente dicho, el centro de máxima carga pasa del arco externo:

Durante el apoyo de antepié, la puela central es dirigida y estabilizada por las correderas tendinosas retromaleolares. Cuando se produce un cambio en la dirección, éstas se sobrecargan en un intento de estabilizar la presión sobre el antepié



metatarsianos quinto y cuarto, hacia el primer dedo a través de las articulaciones metatarso falángicas, por lo que, cada una de ellas ha realizado un trabajo total que será el producto del tiempo de apoyo por su intensidad.

Cada metatarsiano en su momento de apoyo se ve sometido a dos fuerzas: una en sentido anterior, y otra en sentido latero-medial, derivada del recorrido hacia la pronación, y la resultante de ambas, proyectará la carga directamente a la metatarso-falángica siguiente.

Para que este desplazamiento sea armónico y se produzca una perfecta distribución de cargas, y por tanto una progresión adecuada, es necesaria una cadencia en los apoyos que está marcada por la longitud y orientación de los metatarsianos, a su vez en perfecto sincronismo con la orientación de todos y cada uno de los segmentos pierna-pie.

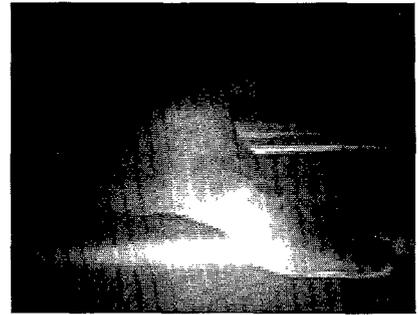
Si unimos con una línea las cabezas metatarsales, obtendremos un trazo uniforme, progresivo y elíptico, cuyo centro de circunferencia se encontraría situado a la altura de la segunda cuña.

La línea que une las articulaciones metatarso-falángicas representa la bisagra o fórmula metatarsal

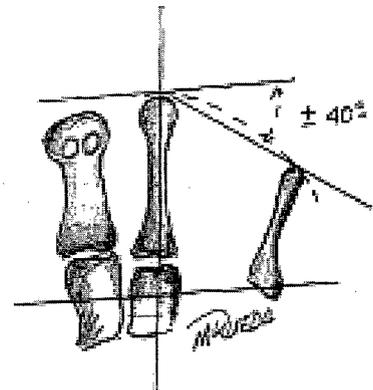


Esta línea será coincidente con la fórmula metatarsal y equivale a la bisagra anterior sobre la que producimos el movimiento, debiendo por tanto estar compensada con el resto de las articulaciones de la extremidad para mantener una forma de trabajo equilibrada y una sola dirección.

La orientación y tipo de fórmula metatarsal direccionan anteriormente el movimiento



Si trazamos el eje de los metatarsianos segundo y quinto y una línea tangencial que una sus cabezas, obtendremos el valor angular de la fórmula metatarsal, que sería el equivalente al ángulo formado por esta línea y la perpendicular a la cabeza del segundo metatarsiano. Este ángulo se sitúa alrededor de 30- 40 grados.



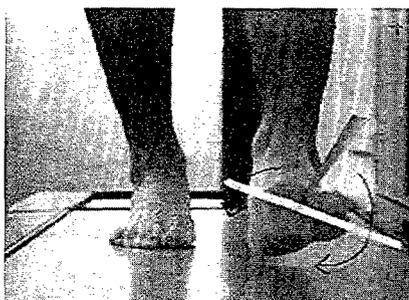
Los metatarsianos forman un arco de radio con base en la 2ª cuña



VARIACIONES DE LA FÓRMULA METATARSAL

Hemos definido como fórmula metatarsal compensada cuando su valor se sitúa alrededor de los 30-40 grados. Este eje de movimiento oblicuo debe mantener una relación con los 15-20 grados de torsión bimalleolar, con la rodilla en un plano coronal, y una anteversión del cuello femoral de aproximadamente 15-20 grados. Solo en estas condiciones se realizará un movimiento dinámico correcto y una cadencia de apoyo de cada metatarsiano uniforme y progresiva. Cualquier variación en los ángulos descritos provocará trayectorias bidireccionales y someterá a la extremidad a un efecto de torsión, lo que a nivel de la articulación se traduce en la aparición de fuerzas tangenciales que provocan mecanismos de "fricción" y no de desplazamiento, con el consiguiente deterioro biomecánico.

Las variaciones en la orientación del antepié o en la fórmula metatarsal requieren momentos torsionales para ser compensadas



Estas fuerzas tangenciales propias de los efectos de torsión pueden ser parcialmente compensadas muscularmente, y en ese caso, los tiempos de trabajo de los grupos musculares, también se verán modificados originándose las consiguientes sobrecargas.

Lógicamente nos percatamos de que una variación en la fórmula metatarsal, por si misma no puede ser valorada, sino que siempre requiere, como ya hemos repetido, una valoración de conjunto, bajo el principio de la globalidad: todo repercute en todo.

Teniendo en cuenta que todo el esfuerzo se realiza con referencia al único punto de apoyo, y que éste en el momento de impulso se limita a la zona metatarso-digital, sus variaciones anatómicas producirán modificaciones en la cadencia de trabajo de las sub-palancas, con modificaciones de intensidad-tiempo, y consiguientemente se manifiestan sobrecargas relacionadas.

Justamente por ello tenemos que valorarlas para llegar a conclusiones sostenibles, por lo que propondría la siguiente clasificación:

Variaciones de la bisagra metatarsal

- Variaciones angulares globales:
 - Fórmulas oblicuas
 - Fórmulas transversas
- Variaciones en la progresión metatarsal:
 - Progresiones lineales
 - Progresiones en rueda dentada
 - Alteraciones cráneo-caudales
- Variaciones globales en la orientación:
 - Metatarso en adducción
 - Metatarso en abducción
 - Antepiés en pronación
 - Antepiés en supinación

VARIACIONES ANGULARES GLOBALES: OBLICUAS Y TRANSVERSAS

En este apartado haré referencia a las variaciones que globalmente, en conjunto, puede presentar la línea anterior que constituye la fórmula metatarsal contemplada como bisagra dinámica, tanto a los aumentos o disminuciones de su ángulo, como al tipo de progresión que guardan entre sí los metatarsianos segundo a quinto.

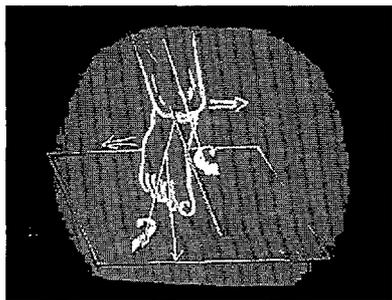
Con relación al ángulo, podremos agruparlas en aumentos o en disminución de su valor normal, es decir, por debajo o por encima de los 30-40 grados que se han tomado como valor ideal, por lo que daremos en llamar fórmulas oblicuas, si disminuye el ángulo, y fórmulas transversas en el caso de que se encuentre aumentado.

Cuando el ángulo disminuye y la fórmula se hace más oblicua externamente, si cada metatarsiano mantuviese un tiempo de trabajo adecuado, el resultado sería que la trayectoria de la pierna se haría excesivamente externa, es decir, los pies irían imprimiendo un desplazamiento divergente a la extremidad con relación a la línea de progresión del cuerpo. Esta trayectoria debe ser corregida en cada paso de arriba a abajo, con lo cual produce un par torsión interno, modificándose en algún punto de la cadena el ángulo de torsión.

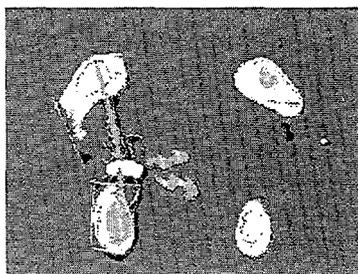
Fórmula metatarsal oblicua



Esquema de funcionamiento de la fórmula oblicua: la inestabilidad externa puede ser compensada con la rotación interna de la pierna y la orientación de los metatarsianos en adducción



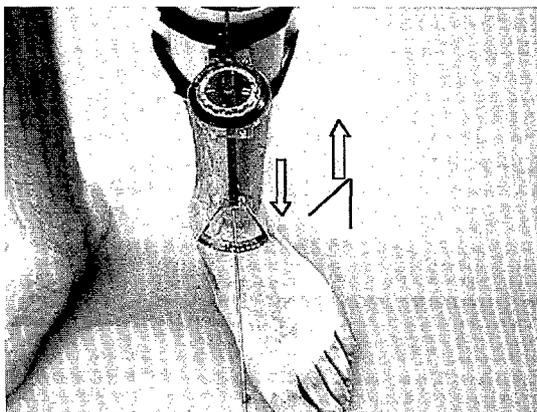
Los mecanismos torsionales de la pierna y las sobrecargas metatarsales externas tienen un efecto directo sobre la transmisión de cargas desde la astrágalo-escafoidea modificando la secuencia metatarsal y sobrecargando al arco interno



Podemos encontrarnos con la alteración opuesta, es decir, fórmulas metatarsales transversas, caracterizadas por un aumento en la longitud de los segmentos externos, que dan un sentido excesivamente trasverso al perímetro anterior o fórmula metatarsal.

La mayor longitud de los metatarsianos más estáticos (quinto y cuarto), provoca la sobrecarga de los mismos al au-

Para reducir la sobrecarga de la paleta externa, se genera un mecanismo de huida hacia la rotación interna y la pronación



mentar su palanca. Para reducir esta sobrecarga ha de producirse un mecanismo de compensación desplazando el peso hacia los más internos, a base de reducir el tiempo de trabajo de los externos, es decir, un giro hacia la pronación, ya sea a nivel de antepié o a nivel del pie en conjunto o un efecto torsional interno en la pierna.

Dado que estas alteraciones de la fórmula son de carácter morfológico, el niño desde pequeño debe corregir trayectorias, con lo cual, adecua su dinámica a los puntos y tiempos de apoyo de los metatarsianos, por lo que habrá mecanismos compensatorios, es decir, cambios en el ángulo de torsión de la pierna, o bien en la posición del antepié, por la influencia de las leyes de crecimiento, desarrollo y orientación del tejido óseo. La existencia de estos procesos acomodativos, como más adelante veremos, podría ser la responsable de los cambios en la orientación de la estructura ósea.

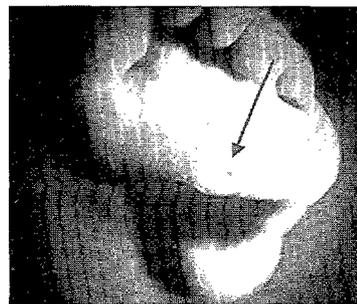
VARIACIONES EN EL TIPO DE PROGRESION METATARSAL

Tal como anteriormente se ha expuesto, lo normal es que la relación de longitud metatarsal sea progresiva formando una línea perimetral anterior convexa, es decir, arciforme. Esta sería la que ofrecería un sistema de trabajo en forma de rodamiento, a la vez que un despegue cadencial de fuera hacia adentro, que se inicia con el quinto metatarsiano y finaliza con el segundo conjuntamente con el primer radio.

Ocurre, no obstante, que a veces la relación perimetral anterior forma una línea recta desde la quinta a la segunda cabezas, en cuyo caso hablaríamos de progresión lineal, o bien, que aún siendo arciforme alguna de las cabezas sobrepasa, no llega o se encuentra en diferente plano con relación a esa línea, en cuyo caso se produce un efecto de rueda dentada con picos de presión.

En la progresión lineal no se produce la cadencia normal de los apoyos metatarsales sobrecargándose los extremos al no ser posible el rodamiento. Si además de lineal es oblicua,

Las fórmulas en rueda dentada, generalmente generan picos de presión con helomas puntuales



se transmitirá el primer contacto de antepié sobre el suelo básicamente sobre el quinto metatarsiano, y desde éste, bruscamente al segundo, provocando la subluxación de su dedo que se desplaza en clinodactilia interna, tendiendo a colocarse en supraducción sobre el primero. Tanto el examen estático como el dinámico revelará dos puntos de gran hiperpresión correspondientes a dichos segmentos quinto y segundo, con la consiguiente repercusión sobre el primer radio, que tenderá a colocarse el rigidus o en valgus, según su longitud o su capacidad funcional respecto al segundo.

El aumento de traslación del vector de barrido en la fórmula metatarsal oblicua, acumula carga en segundo radio con un componente de rotación interno de arriba a abajo



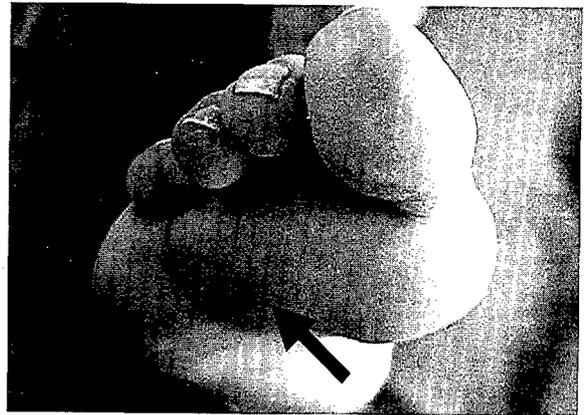
Cuando es una fórmula metatarsal transversa lineal, generalmente, la sobrecarga se produce sobre el cuarto metatarsiano, ya que la mayor motilidad del quinto radio, unido al mecanismo de "huida" hacia el borde interno del pie, reduce la hiperpresión del mismo.

En la fórmula en rueda dentada, ya sea por variación en la longitud de algún metatarsiano, o por situación en diferente plano (alteración cráneo-caudal), la sobrecarga es puntual. Si es un segmento largo y situado en un plano inferior,

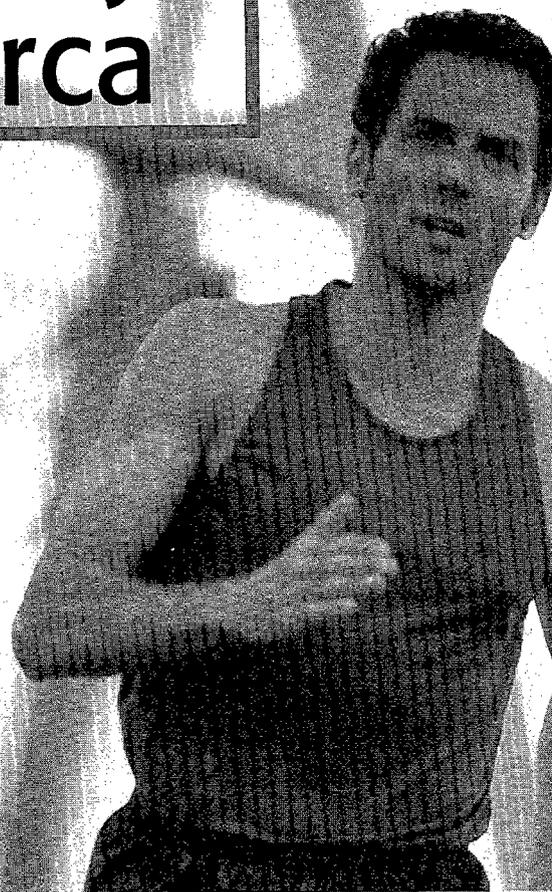
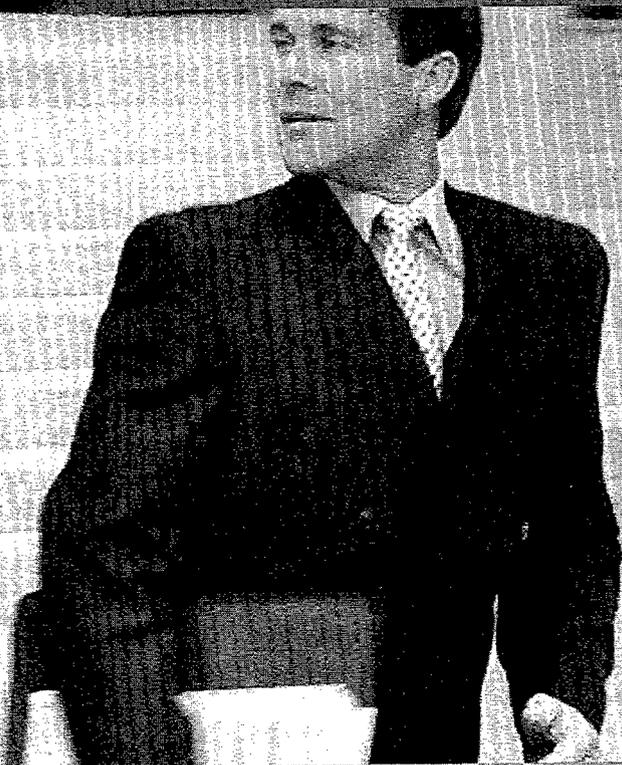
se sobrecarga él mismo, y si es corto o situado en un plano superior, se sobrecarga el adyacente por acumulación de intensidad/tiempo.

Se produciría el mismo efecto que si hacemos rodar un aro, al que hemos suprimido bruscamente su curvatura uniforme.

Fórmula metatarsal en rueda dentada: la disminución de presión en un metatarso, sobrecarga al adyacente



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