

Introducción a la biomecánica del pie (VIII)

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. 2006; 148: 23-37

Número correspondiente al octavo 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 ha abarcado varios números de la revista y constituye en conjunto un pequeño tratado de anatomía funcional y biomecánica del pie.

MECANISMOS ACOMODATIVOS INTERSEGMENTARIOS DURANTE LA DINAMICA

A lo largo de los diferentes capítulos que engloban este volumen, pienso que en todo momento se ha tratado de evidenciar la complicidad entre las diversas estructuras pie-pierna, igualmente extrapolables a la valoración extremidades inferiores-pelvis y a pelvis-extremidades superiores, y ello se ha hecho intentando ser objetivos en la realización de los gestos en los que es absolutamente necesario valorar todo como una unidad funcional.

También se apreciará que en ningún momento se ha hablado de alteraciones en la forma o tamaño de los arcos para catalogarlas como responsables en solitario de patologías metatarsales, porque en la mayoría de los casos, eso no es ab-

solutamente cierto. Pienso que es un compendio de varios factores el responsable de la disfunción metatarsal.

Hemos estudiado las diferentes alteraciones de la fórmula metatarsal o de las orientaciones del antepié, y ahora quisiera ligar éstas con la patología torsional, para entender la lesión a distancia.

Como bien sabemos, durante la dinámica, se producen momentos alternativos entre cada uno de los pies, con fases de contacto pie-suelo o sistema de trabajo en cadena cerrada y fases de vuelo o trabajo en cadena abierta. Cada una de estas fases, a su vez, engloba diversas subdivisiones, en las que expresamente no entraremos, desde el momento en que existen diversos autores que nos han brindado magníficas obras sobre ellas. Es importante, no obstante tener presente que

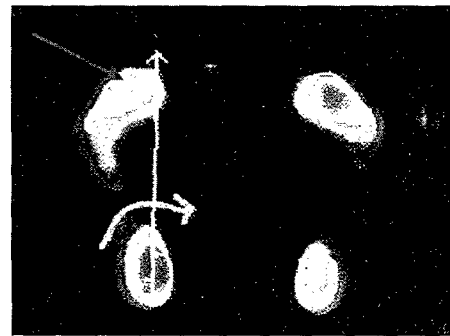
durante la ejecución de una fase o ciclo completo de un pie, cada uno de los momentos depende directamente del anterior, y condiciona irremisiblemente al siguiente, es decir, se trata de secuencias íntimamente relacionadas, en las que hay momentos que manda la estructura osteo-articular (apoyo), y otros en los que lo hace la músculo-articular (vuelo), dependiendo del equilibrio en la primera de la resistencia y coaptación intersegmentaria y de la relación entre el plano del pie y el suelo, y en la segunda de la orientación articular y las acciones musculares.

La estabilidad del momento de apoyo pie-suelo condiciona directamente la calidad y la dirección de la fase de vuelo, y por tanto de los trabajos musculares. Esta estabilidad, considerada de forma singular, requiere un equilibrio entre en peso del cuerpo o fuerza de acción y la resistencia del suelo o fuerza de reacción, que obviamente debe ser mayor, por lo que cuando existen desajustes, tenemos que adaptarnos nosotros a la superficie que pisamos a través de las posibilidades articulares y las tracciones musculares.

El problema se plantea cuando una articulación no puede adaptarse o no es suficientemente fuerte para mantener la carga solicitada, con la consiguiente pérdida en la calidad y estabilidad del apoyo y obviamente de la calidad del ciclo siguiente, que deberá compensar o corregir los momentos de desequilibrio resultantes de la manera más económica posible, ya que de lo contrario se produciría una trayectoria descompensada potenciándose los momentos de fricción intersegmentaria por la generación de pares de torsión.

Hemos anotado anteriormente que en el momento de impulso sobre antepié, el apoyo se realiza sobre cinco palancas o segmentos metatarso-digitales, que ejercen un trabajo total dependiente de su situación anatómica y de su relación con los adyacentes, es decir, hay un apoyo secuencial compensado de cinco radios, generándose un vector de barrido anterior que va de fuera a adentro y de atrás a adelante. La velocidad de este vector de barrido condiciona el tiempo de trabajo de cada metatarsiano y consecuentemente debe tener ante todo una aceleración constante. El problema se plantea cuando hay metatarsianos que por su longitud, por su situación con relación al adyacente, por la situación global de la bisagra metatarsal, o por descompensaciones con otros segmentos, trabajan más de lo normal, es decir, se sobrecargan. Ello condiciona a las terminaciones nerviosas sensitivas, que captan más apoyo, y tratan de dispararlo reduciendo el tiempo de trabajo, es decir, acelerando el paso del vector de barrido, y obviamente sobrecargando alguna cadena muscular y sometiendo a la pierna a un momento de torsión.

Mecanismo de huida, con modificación de la velocidad de paso sobre el meta más cargado



Estos momentos de acomodación dinámica serían los responsables de las posturas acomodativas entre los diversos componentes de la extremidad, que genéricamente llamaremos alteración compensatoria, o de las patologías extrapoladas, cuando la compensación no ha sido posible.

VARIACIONES ACOMODATIVAS EN EL ANGULO DE TORSION DE LA EXTREMIDAD, CONSECUTIVAS A UNA FORMULA METATARSAL OBLICUA

En la fórmula metatarsal oblicua, la bisagra tiende a producir una trayectoria externa, que a nivel de la pierna tiende a ser compensada con:

- 1 Referentes al fémur: la contracción de la musculatura aductora imprime en cada apoyo una fuerza rotacional interna que dará como consecuencia un aumento del ángulo de torsión femoral, es decir, una antetorsión.

Acomodación del fémur en ad y rotac. int para reducir una sobrecarga del cuarto metatarsiano



2. Referentes a la tibia: la resultante de los tiempos de apoyo de cada cabeza metatarsal imprime una trayectoria externa

o divergente al impulso dinámico de abajo a arriba, mientras que la compensación femoral lo hace en sentido inverso. Obviamente, la tibia se ve sometida a un mecanismo de torsión incrementado en su conjunto, por lo que el resultado final será el aumento del ángulo de torsión tibial por encima de sus valores normales de 20-25 grados

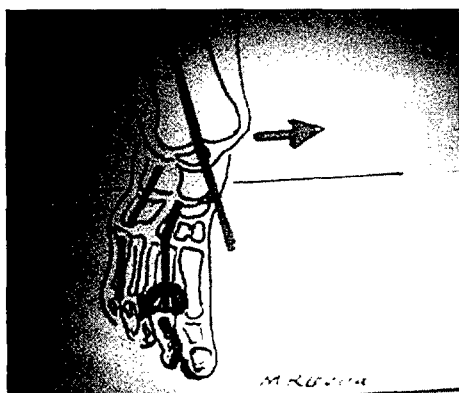
Mecanismo torsional de acomodación tibial para reducir cargas en metat externos



- Referentes al pie: la normalización de los tiempos de apoyo de cada metatarsiano se hace acomodando el antepié de tal manera que funcionalmente reduzca su ángulo global anterior o metatarsal. Esta acomodación podrá hacerse tanto llevando el antepié hacia la aducción como hacia la supinación.

En ambos casos el objetivo es "alargar" funcionalmente a los metatarsianos más cortos hasta conseguir unos tiempos de apoyo adecuados. Si no se produce este cambio en la orientación del antepié, forzosamente tendrá que acortarse el tiempo de trabajo de los segmentos externos, acumulándolo sobre los internos. Es decir, se producirá un aumento de intensidad/tiempo a nivel de los metatarsianos segundo y/o

Adaptación dinámica ante una f.m. lineal-oblicua



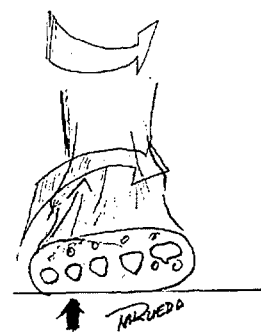
primero, a la vez que un efecto rotacional interno meta-suelo, cuya consecuencia sería la clinodactilia interna de los dedos 2 a 5, y la deformación del rigidus del primero, si se trata de un index plus, o en valgo, si por el contrario nos encontramos ante un acortamiento anatómico o una hiper-movilidad del mismo.

En cualquiera de los supuestos anteriores, tanto relacionados al pie como a la pierna, a nivel articular se modifican los desplazamientos articulares produciéndose consecuentemente fricciones intraarticulares con compresión externa, y a nivel muscular, sobrecargas de la cadena muscular de cierre por estiramiento.

VARIACIONES TORSIONALES ACOMODATIVAS EN LA FORMULA METARTARSAL TRANSVERSA

Anteriormente se ha expuesto que en una fórmula excesivamente transversa, con valor angular por debajo de los 30-40 grados, provoca la sobrecarga de los metatarsianos externos, cuya reducción requiere un giro del antepié hacia la pronación gracias a la contracción de la musculatura del segundo cuadrante o pronadores y abductores (básicamente de peroneo lateral largo, peroneo lateral corto, peroneo anterior, y secundariamente, del extensor común de los dedos). Esta acomodación del antepié hacia la pronación se realiza si la elasticidad de las articulaciones del mediopié (Chopart y Lisfranc), lo permiten. Si no es así se producirá un aumento de presión en la zona inframaleolar externa, con efecto de barra de torsión, que al transmitirse a la tibia desplazaría a las rodillas hacia la rotación interna. Consecuentemente, el segmento superior (fémur), debe ejercer un mecanismo compensatorio al intentar modificar la posición de la rodilla llevándola hacia un plano normal. Esto hace que la tibia se vea sometida a fuerzas rotatorias opuestas en sus extremos, que tienden a reducir su ángulo de torsión por debajo de sus valores normales.

Un cuarto metat. largo en una fórmula transversa, se sobrecarga. Su reducción comporta reducir el tiempo de trabajo pronando



VARIACIONES ACOMODATIVAS EN LA ORIENTACIÓN DEL ANTEPIÉ

Respecto a su orientación, el antepié en su conjunto, puede adoptar variaciones respecto a la normalidad, tanto en los planos frontal como horizontal. Estos cambios requieren la participación de las articulaciones mediotarsianas y de Chopart, y con frecuencia se encuentran ligadas a variaciones en el ángulo de detorsión del astrágalo. Nos referimos a los cambios en su amplitud hacia la pronación o hacia la supinación, lo que en el momento de extensión pie-pierna tendrá un efecto rotatorio sobre la extremidad, y en el momento de apoyo pie-suelo, afectará a la estabilidad del pie desplazando la proyección de carga hacia la pronación o valgismo o hacia la supinación o varo, y aumentando consecuentemente el efecto rotacional de la cadena ósea que constituye la extremidad, así como a los cambios en el ángulo de marcha.

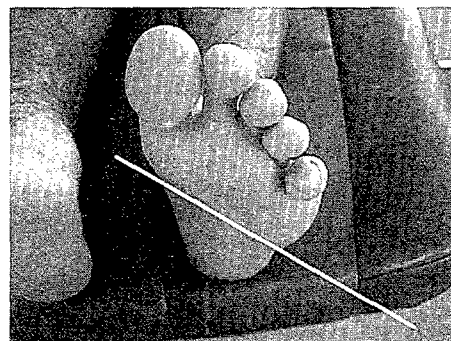
En ambos casos se modifican los tiempos de amortiguación del pie dependientes de su recorrido fisiológico hacia la pronación. En el antepié pronado no compensado, al provocar una inestabilidad en varo del retropié, se rota externamente la pinza bimalleolar lo que frena o disminuye el "rodamiento" hacia el arco interno, que se intenta neutralizar desde arriba por lo que nos dará como consecuencia un aumento del ángulo de torsión tibial. En estos pacientes cuando adoptan una postura estática con los pies situados en paralelo, las rodillas quedan giradas internamente, y con frecuencia, en una posición de flexus. La consecuencia será una disminución del tiempo de pronación y la inestabilidad externa del tobillo. Con frecuencia el tendón del peroneo lateral largo se encuentra luxado sobre la prominencia del malleolo externo, perdiendo efectividad mecánica.

En varismo aproxima a los metatarsos externos al suelo en bloques del antepié en pronación, a base de rotar externamente el eje bimalleolar



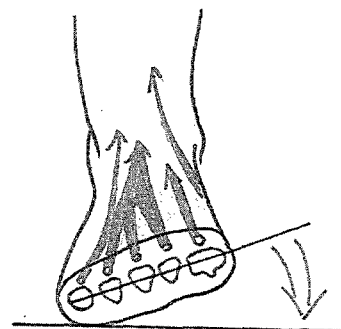
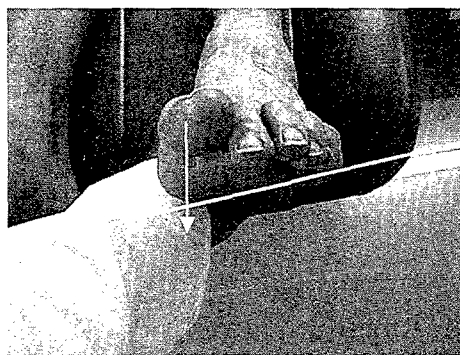
Cuando se trata de antepiés en supinación, ocurrirá justamente lo contrario, es decir, aumenta considerablemente el tiempo de amortiguación como consecuencia del aumento de recorrido del primer metatarsiano para buscar el plano del suelo.

En el antepié bloqueado en supinación, la distancia a recorrer por el arco interno hasta apoyar sobre el suelo aumenta, por lo que requiere más velocidad de desplazamiento hacia la pronación



Cuando aumenta la supinación, aumenta la distancia, permaneciendo en tiempo, por lo que se incrementa la aceleración

Antepié en pronación = varo o sobrecarga del y radio. Su compensación puede requerir un momento de torsión interno con la rodilla para estabilizar, o una aducción para reducir en ángulo de pronación



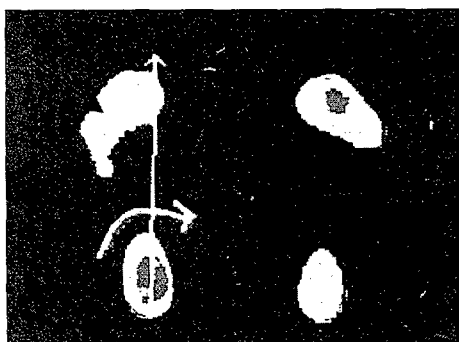
Esta pronación excesiva somete a la pierna a un recorrido rotatorio interno de abajo hacia arriba, con una coaptación ósea inframaleolar externa exagerada. A nivel de la pierna, se intenta frenar el recorrido interno mediante la contracción de la cadena antero externa que ofrece una resistencia actuando en *contracción excéntrica*, procurando un freno en abducción y rotación externa de la pierna, con el consiguiente incremento de fricción patelo femoral, al ser traccionada la rótula por la acción del cuádriceps, mientras la caída del pie hacia la pronación requiere una rotación interna de la pierna.

Simultáneamente las articulaciones metatarso falángicas se verán sometidas a un rodamiento interno por el incremento de velocidad del vector de barrido, que provoca desaxaciones, por lo que frecuentemente aparece una clinodactilia interna, más manifiesta en el segundo.

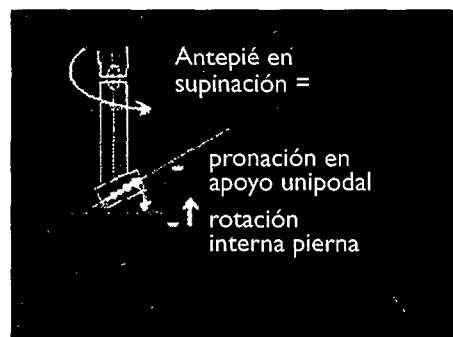
La imposibilidad de mover la mediotarsiana hacia la pronación para apoyar el primer radio, genera sobre la pierna un recorrido hacia rotac. interna con la consiguiente aducción del astrágalo y proyección interna de la rodilla



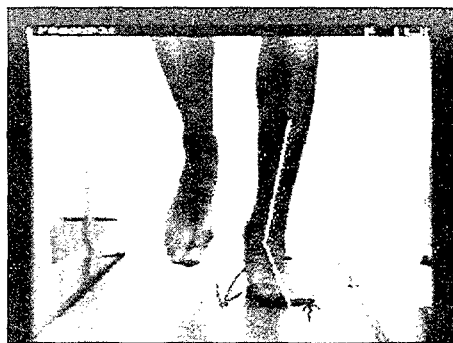
El estudio de la huella nos revelará como dato más evidente la aducción del eje del calcáneo, fruto del momento torsional necesario para acomodar a la paleta metat interna sobre el suelo



La sup de un antepié, arrastra a toda la pierna en rotac. interna

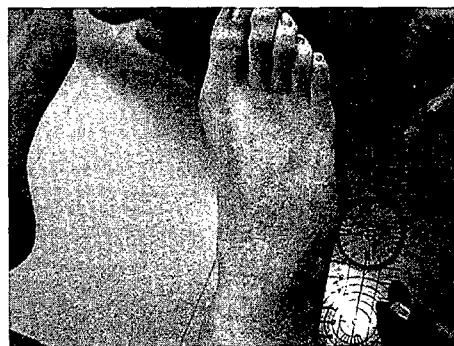


La fase unipodal se acompaña de la pronación necesaria para llegar al suelo con el primer radio cuando la mediotarsiana se encuentra bloqueada en supinación



Igualmente podemos encontrar variaciones en el plano horizontal, es decir, desviaciones del antepié hacia la aducción o abducción, con relación al eje longitudinal del retropié.

Metat en aducción: genera un desequilibrio interno en el momento de impulso que debe ser compensado con una rotación interna en algún punto de la cadena



Metat en aducción, visión plantar



Ambas alteraciones pueden presentarse como patología primaria o entidad propia, como el metatarso aductus, pero también como patología secundaria o factor acomodativo de otra alteración, como la aducción derivada de una oblicuidad de fórmula metatarsal, o de una torsión tibial externa, casos en los que la orientación del antepié en aducción intentaría reducir en un ángulo equivalente el grado de oblicuidad o torsión.

Otra alteración sería la desviación del antepié hacia la abducción, generalmente como consecuencia de un valguismo con subluxación o inestabilidad interna de la articulación astrágalo-escafoidea.

La abducción y pronación del antepié en apoyo, reduce el la intensidad de la carga sobre los metat externos



En ambos casos, el pie se convertiría en una "palanca rota", con lo que el momento de impulso provocaría inestabilidad del tobillo, o requerirá para su compensación un efecto torsional o una rotación en un grado equivalente al de desviación angular del pie. Es decir, se producirán efectos de barra de torsión a nivel articular con las consiguientes sobrecargas músculo-esqueléticas y modificación de los tiempos de apoyo a nivel metatarsal.

Estas consideraciones biomecánicas del antepié nos llevarán a establecer unos criterios diagnósticos y terapéuticos que con frecuencia distan o se oponen a los tradicionales, como consecuencia de contemplar siempre al pie como una pieza de la cadena ósea, con la que lógicamente debe mantener un equilibrio, por lo que debemos ser rigurosos en la toma de datos y valorar hasta el más mínimo detalle.

Estoy convencido de que unos programas docentes con mayor contenido en biomecánica serán la clave para que en un futuro podamos ver con más claridad la estrecha relación que existe entre los procesos patológicos de la extremidad, con lo que el estudio y tratamiento del pie pasará a ser inexcusable ante la adopción de decisiones médico-quirúrgicas. No podemos olvidar que todo nuestro esfuerzo antigravitacional se hace con referencia a la única parte que nos mantiene en contacto con el suelo, es decir, a nuestros pies. Pienso que bajo este prisma de colaboración podremos ofrecer una medicina lógica y aplicar unos criterios cada vez más racionales y mecánicamente demostrables, lo que obviamente tendrá una gran importancia en el campo de la prevención, al entender en muchas ocasiones a la patología como un fallo de la biomecánica.

INTRODUCCION A LA ORTESIOLOGIA DEL PIE

La filosofía de este capítulo no es la de ofrecer un estudio de todos y cada uno de los procesos algícos del pie, ni tiene el afán de erigirse en un sistema ideal, simplemente desea dar soluciones lógicas a problemas frecuentes y comunes, cuya evolución después del tratamiento puede o no haber sido la deseada, a la vez que establecer unos protocolos en cuanto a la valoración clínica, metodología diagnóstica, técnicas de materiales y moldes, que permitan, en líneas generales tener un conocimiento global lo más extenso posible, a la vez que esquematizado y coherente, de la actuación podológica en la amplia y variada patología dolorosa del antepié, intentando ver a éste como elemento de apoyo y propulsión, centrando el tema más en su valoración dinámica, por entender que es en esa circunstancia cuando se producen la mayoría de disfunciones, que representan asimismo el mayor número de pacientes que solicitan de nuestros cuidados.

Pienso que no existen tratamientos estandarizados ni exclusivos de patología específicas, ya que aún obedeciendo a un mismo factor biomecánico, existen unas variantes que les hacen ser intrínsecamente diferentes desde el momento en que no existen dos pies iguales ni dos gestos idénticos, aún en la misma persona, como también son variantes constantes el peso, la morfología de las extremidades, el tiempo de

uso del calzado o la carga o nivel del entreno del deportista, o su predisposición receptiva al uso de una plantilla.

Sería entonces pecar de inocente dar soluciones terapéuticas fijas a problemas biomecánicamente tan complejos como los derivados de patologías de apoyo.

De la misma manera estoy absolutamente convencido que una plantilla no puede neutralizar el cien por cien de la alteración, ya que hay variantes constantes imposibles de controlar, pero que ejercen una incidencia directa en la calidad del apoyo, como son los planos del suelo, los peraltes, las inclinaciones del cuerpo o desplazamientos del centro de gravedad, el tipo de calzado, etc., situaciones en las que la plantilla debiera ser constantemente modificada para mantener su efectividad.

No obstante si debemos tener unos criterios o principios fundamentales como base de trabajo y actuación ortésica.

Estos criterios podemos agruparlos en dos entidades o grupos fundamentales: los referentes a la lesión y los referentes al protocolo de actuación ortésica.

También entendemos, como se ha explicado anteriormente, que no es posible valorar la alteración de forma aislada, sino teniendo en cuenta una serie de circunstancias cuya observación puede ser la clave del éxito en cada caso en particular.

Para ello se hace imprescindible el actuar de forma protocolaria ante la presencia de un paciente afecto de disfunción metatarsal, y tener unos patrones válidos, o al menos justificables biomecánicamente.

CONSIDERACIONES PREVIAS AL TRATAMIENTO ORTESICO

A la hora de instaurar un tratamiento ortésico nos marcamos unos objetivos de corrección o compensación cuya efectividad estarán por un lado en función del diagnóstico, del tipo de lesión y de las características de los materiales elegidos y por otro de los condicionantes externos (calzado, ambiente laboral, ámbito deportivo) y de la adecuación del pie a la actividad que se desarrolla. Hay actividades, laborales y especialmente deportivas que si bien no debieran estar prohibidas, si al menos muy controladas, en según que tipos de pies, especialmente en el terreno deportivo, donde debiéramos tener en cuenta el tipo del pie a la hora de elegir una actividad determinada, si sabemos que estadísticamente el índice lesional es alto en ella. De esta forma en muchas ocasiones podríamos adelantarnos a la lesión estableciendo un tratamiento preventivo adecuado, que podría pasar desde la observación sobre un calzado determinado, a la práctica de ejercicios compensatorios o a la aplicación de un elemento

ortésico, a veces simple. Podríamos citar como ejemplos una insuficiencia de primer metatarsiano que puede resultar un factor de riesgo en salto de altura, y en cambio no presentar problemas en tenis, o una fórmula metatarsal oblicua con un index plus que representa un hándicap negativo en un velocista, o una pronación severa que planteará problemas en un trabajo estático.

Si tenemos en cuenta que la mayoría de algias del pie obedecen a alteraciones anatómicas que el paciente ha tenido toda su vida, y que hasta el momento de la aparición sintomática han condicionado una forma de andar característica, o una interferencia en los patrones estático-dinámicos, hasta el extremo de que quien las padece las considera normales, al no tener otras referencias subjetivas más que las propias, entenderemos que es necesario convencer al paciente para que comprenda el alcance del tratamiento y la etiología del dolor, para que no lo abandone cuando desaparezcan los síntomas. Si se trata de un deportista, podemos afirmar que hay una selección natural que va a impedir a ciertos atletas sobresalir en determinados deportes, y a ciertas personas cumplir con garantía una función laboral determinada, y que de esta selección no queda excluido el pie.

El paciente deberá entender que los pies no andan solos, sino conjuntamente con el resto de la extremidad y una modificación del apoyo inadecuada puede presentar problemas a distancia, y por tanto nuevas lesiones a corto o largo plazo, así como que las lesiones de apoyo se caracterizan por tener un fondo de disfunción estructural, que podemos intentar compensar, pero no cambiar, y que por tanto pueden tener su límite.

Cuando tratamos con ortesis un pie, no modificamos solo a éste, sino que interferimos globalmente en la postura, desde el momento en que ésta es un equilibrio de acción-reacción, en el que cada segmento del cuerpo se equilibra sobre el inmediatamente inferior y sirve de sustento al superior, formando un sistema mecánicamente complicado y no de alegre o ligera interpretación.

Debemos explicar que una plantilla no es válida para toda la vida y que las correcciones o compensaciones que efectuamos mediante una ortesis van encaminadas a ofrecer un plano de trabajo equilibrado, o diferente que puede ser óptimo en aquel momento, pero no cuando cese la sintomatología, y que cuando aparecen las molestias es cuando ya existe una lesión y el paciente ha agotado sus recursos de acomodación para aislarla o reducirla, y que por tanto se requiere una acomodación del pie y de la pierna a la nueva situación y un tiempo de adaptación y regresión sintomática, por lo que debe tener paciencia.

Teniendo en cuenta que muchas veces las lesiones vienen dadas por rebasar el límite de resistencia en ejercicios o gestos repetidos o intensos, tampoco podemos pedirle a una plantilla más efecto que el que tiene o pensar que solo con su aplicación han de ceder unas molestias con una presencia de meses, que requieren por lo tanto una reducción de la actividad y un tratamiento coadyuvante.

La plantilla no es un analgésico ni una panacea, sino un suelo a medida. Ciertos calzados limitan mucho la confección o el grado de corrección de una ortesis, por sus características, como la zapatilla de pista, la de salto, la bota de fútbol o la de rugby, o el calzado escotado, puntiagudo o con tacón excesivo.

Hechas estas aclaraciones previas podemos pasar a la confección de la plantilla, para lo que tendremos en cuenta:

- Las conclusiones del estudio podológico
- La confección del molde
- La actividad del sujeto
- La elección del material
- La confección del soporte
- La adaptación al calzado

CONSIDERACIONES ANTE LA PRESENCIA DE UNA LESION PODOLOGICA

La patología dolorosa del pie puede obedecer a diversos factores, por lo que pienso que es importante tener en cuenta unas consideraciones previas, en cuanto a lesión y su historia, que podrían agruparse en:

A. Por el momento álgico

- Fase de impacto o de apoyo
- Fase de impulso o despegue

B. Por la localización de los síntomas

- Local
- Extrapolada

C. Por las características

- Mecánicas
- Agudas
- Crónicas
- Metabólicas
- Infecciosas

D. Por la ubicación de la lesión

- Estructuras óseas
- Estructuras periarticulares
- Estructuras músculo tendinosas
- Otras

ALGIAS DE ETIOLOGIA MECANICA

Fundamentalmente las algias de tipo mecánico vendrán dadas cuando se ha rebasado el límite de resistencia de la estructura, ya sea por un factor mecánico puntual y agresivo (esguince, rotura fibrilar, desgarros...), o por la suma de microtraumatismos que se acumulan hasta rebasar el dintel de resistencia de los tejidos (sobrecargas, periostitis, tendinitis, fracturas de stress, contracturas...)

Por ello consideramos dos grupos básicos:

1. Lesiones tipo agudo
2. Lesiones tipo crónico

La lesión aguda, cuando obedece a yatrogenias es puntual y se produce en el lugar que se aplica la carga, pero también puede presentarse a distancia por mecanismos compensatorios que requieren posturas forzadas ante situaciones límite (por ejemplo, el pisar un obstáculo puede acarrear una fractura metatarsal, pero también un intento brusco de huida puede ocasionar una rotura fibrilar o un desgarró en cualquier punto de la cadena muscular que actúa para reducir el impacto. Es por tanto frecuente que las lesiones no obedezcan a una alteración de apoyo o desequilibrio.

En cambio, la lesión crónica, es lenta, progresiva, acumulativa y muchas veces asintomática en sus inicios, por lo que puede desencadenar cambios posturales como mecanismos antiálgicos, manifestándose con frecuencia en otras estructuras a distancia. Habitualmente a nivel plantar se manifiesta antes con engrosamientos dérmicos que denotan el desencadenamiento defensivo de la piel ante una presión que rebasa el dintel de resistencia local, y que en muchas ocasiones, el paciente, ante la ausencia de síntomas agudos, manipula inadecuadamente. Ello hace que la presión vaya deteriorando las características mecánicas de amortiguación del tejido graso plantar, al ser sustituido en su grosor por capas queratósicas, con lo que la sobrecarga es más incisiva en estructuras profundas, afectando al complejo articular.

Con frecuencia solamente en situaciones especiales, como bipedestaciones prolongadas, calzados inadecuados o marchas de más duración, resultan dolorosas, recurriendo entonces a deslaminar más la queratosis o a la aplicación de almohadillados, descargas retrocapitales mal ajustadas, plan-

tillas ortopédicas estandarizadas, posturas antiálgicas para proporcionar el reposo local o ingesta de antiinflamatorios, con lo que el proceso remite en su estado agudo, persistiendo los factores mecánicos locales.

Es entonces evidente que antes de aplicar un tratamiento ortésico tengamos en cuenta una serie de consideraciones, referentes no sólo a la historia de la lesión y a su momento, sino también al estudio analítico del pie, del gesto biomecánico de cada disciplina deportiva o actividad laboral, a las características del terreno o del calzado, al morfotipo del individuo y a la casuística.

No tiene las mismas repercusiones ni forma de aparición una pronación en un deporte que requiera movimientos lineales (carrera), que salto (triple, altura) o posturas variadas (fútbol, rugby, tenis, esgrima...), que en un individuo de vida sedentaria, y desde luego, los criterios de tratamiento, en cuanto a la elección del material a emplear para la confección del soporte, (dureza, amortiguación...), también serán diferentes, tanto por las características de cada actividad, como por el tipo de calzado y las características del terreno de juego o ambiente laboral.

PATOLOGIA POR MOMENTO LESIONAL Y ACTUACION ORTESICA

Atendiendo al momento o fase del apoyo en que se producen la mayor parte de lesiones podemos considerar dos apartados:

- Patología en fase de impacto
- Patología en fase de impulso

La patología en fase de impacto pie-suelo se caracteriza porque el mayor componente de carga tiene un sentido eminentemente vertical, además de los componentes de lateralización propios de la amortiguación, por lo que su factor etiológico más importante serán las alteraciones en la alineación de los ejes y las características del terreno.

En cuanto a los primeros destacan las alteraciones femoro-tibiales (genus, varismos tibiales, asimetrías), los desequilibrios del retropié (valguismos o pronaciones, varismos, dismorfias), las torsiones, las alteraciones de los arcos (generalmente asociadas a alteraciones del retropié y/o antepié), y las deficiencias de la mediotarsiana (con frecuencia unidas a alteraciones del ángulo de interrupción metatarsal anterior o fórmula metatarsal propiamente dicha o a alteraciones en la amplitud de las mediotarsianas). El denominador común es que varían los tiempos de amortiguación del pie, con incremento de fuerzas ya sea en sentido vertical co-

mo lateral, sumándose entonces los momentos con efectos rotacionales.

Dado que esta fase de apoyo pie suelo tiene una relación directa con la calidad del impulso, cuando se altera modifica la velocidad de desplazamiento latero-interno del vector de barrido anterior o tiempo de trabajo metatarsal, por lo que se potencia la patología en fase de impulso.

Cuando el pie es normal, pero la patología viene dada por el componente suelo, nos encontramos o con terrenos muy duros, y por consiguiente con incremento de la onda de choque, o muy irregulares, con su repercusión a nivel de la calidad y estabilidad del apoyo. También podemos incluir en este apartado la elección de zapatillas incorrectas, que no estabilizan suficientemente al pie, cuando los elementos fibroelásticos y los activos, (músculo, ligamento y componentes periarticulares) empiezan a acusar el cansancio.

Si el problema es un desequilibrio o desalineación de ejes se modificarán los momentos de trabajo articular, produciendo patología tanto a nivel óseo como ligamento-tendinoso, requiriendo materiales con fuerza suficiente para neutralizarlos sin pérdida de amortiguación, por lo que la base del soporte deberá ser polipropileno, por ser el único material capaz de cumplir esta función. Si además interesa incrementar la amortiguación, lo emplearemos conjuntamente con algún material microporoso o elastómero, eligiendo cuidadosamente la resistencia a la fatiga y el grado de dureza del mismo (el ser más blando no quiere decir que necesariamente sea más efectivo, ya que provoca más desequilibrio), pudiendo incluir uno o varios de ellos distribuidos convenientemente por aquellas zonas de la plantilla que consideremos más indicadas.

Si el motivo principal es una deficiencia de amortiguación, sin desalineación de ejes, derivada de un impacto con gran componente vertical puntual o repetitivo, o de una deficiencia del tejido de amortiguación, usaremos materiales capaces de disminuir la onda de choque, empezando por la propia zapatilla (si el tipo de deporte lo requiere), pasando por la elección del suelo (siempre que sea factible), y lo incrementaremos con el uso de materiales amortiguantes (EVA, látex laminado, elastómeros).

La patología en fase de impulso se dará cuando se modifican los tiempos de trabajo de los metatarsianos, ya sea por alteraciones en la orientación del antepié, deficiencias perimetrales, alteraciones craneo-caudales, o alteraciones aisladas de longitud.

Las deficiencias perimetrales provocan efectos torsionales al intentar acomodar los tiempos de apoyo de las diferentes

palancas, y las alteraciones craneo-caudales y las de longitud, producen picos de presión con patología directa local, que al intentar reducirla nos obliga a efectuar giros o rotaciones de la extremidad, que sería considerada como patología extrapolada.

En estos casos es necesario modificar la dirección del impulso a base de acomodar las cabezas metatarsales en un plano de trabajo adecuado, subiendo el suelo o modificando la bisagra convenientemente, es decir, peraltar el antepié para canalizar el impulso.

Deben emplearse materiales con el grado de resistencia suficiente para que no se depriman al ser sometidos a cargas cíclicas, y cuyas zonas de debilitamiento sean la nueva bisagra o ángulo de interrupción metatarsal anterior, por lo que caudalmente, debemos contar con el polipropileno convenientemente rebajado o desbastado. Cuando además exista una patología asociada de retropié debemos cubrir los objetivos de corrección posterior y de compensación anterior simultáneamente.

PROTOCOLO DE ORTESIOLOGIA DEL PIE

La actuación ortésica coherente irá precedida de unos previos o bases de actuación, que a modo de resumen podremos sintetizar en:

1. Estudio podométrico, que comprende:
 - 1.1. Estudio mecánico funcional
 - 1.2. Conocimiento del gesto
 - 1.3. Establecer el momento lesional
2. Establecimiento del diagnóstico, que comporta:
 - 2.1. Localización de la lesión
 - 2.2. Historia o anamnesis
 - 2.3. Casuística
3. Protocolo de actuación ortésica: su objetivo será establecer unos criterios en cuanto a:
 - 3.1. Confección del molde
 - 3.2. Elección del material
 - 3.3. Confección de la plantilla
 - 3.4. Acoplamiento al calzado
 - 3.5. Controles sucesivos

4. Período de remisión sintomática que estará en función de:
 - 4.1. Antigüedad y grado de lesión
 - 4.2. Período de adaptación ortésica previsible
 - 4.3. Adecuación de la actividad

ESTUDIO PODOLOGICO

El diagnóstico requiere un estudio morfológico, podométrico y funcional de la extremidad, valorando sus ejes en conjunto, llevando a cabo un exhaustivo análisis biométrico primero en descarga para evitar actitudes antiálgicas y conocer el "modelo mecánico", y después estático y dinámico para ver de que modo la dolencia nos está interfiriendo en estos apartados, y posteriormente, relacionarlo con la antigüedad de la dolencia, su forma de presentación y el tipo de deporte o el momento del apoyo en que se presentó la lesión o se agudizan los síntomas. No es suficiente por tanto un estudio aislado del pie en el momento de la visita, no solo porque sería impreciso, sino porque cuando viene el paciente con dolor, su valoración dinámica en ese momento estará notoriamente modificada en función del grado de lesión y del tiempo que la padece: nadie pisa donde le duele.

Sería lógico entonces disponer de una valoración de cada individuo en momentos asintomáticos que nos sirviera de referencia para establecer el factor etiológico. Teniendo en cuenta que la presencia de un punto doloroso modifica siempre el gesto, el tratamiento ortésico que aplicamos en un momento determinado puede tener una misión de reducción sintomática o de modificación postural puntualmente, por lo que una vez restablecida la normalidad, debe ser nuevamente valorado y ajustado a las necesidades de corrección reales. De no hacerse así, como generalmente ocurre, es frecuente que al cabo de un tiempo el paciente vuelva a presentar problemas.

Considero que el profesional debe hacer hincapié en este punto, ya que por regla general, cuando ceden los síntomas, la persona sigue usando la misma plantilla, sin ser reajustada, y por tanto con unos criterios de corrección o compensación que se hicieron en un momento de dolor o lesión y que lógicamente pueden no ser válidos, suficientes o contraproducentes para una actividad normal.

El estudio podométrico no puede efectuarse de forma rudimentaria, sino aplicando las técnicas adecuadas de valoración de cargas, y en muchas ocasiones, reproduciendo in situ aquel gesto que precedió a la lesión. De muy poco nos servirá un estudio dinámico, aún hecho con el más riguroso sistema, si el momento lesional se produce en un gesto aisla-

do no presente en el ciclo de la marcha normal. Cada lesión tiene un punto álgico que corresponde a un momento de apoyo concreto.

Se hace entonces a veces necesario el estudio in situ o el disponer de espacios virtuales en los que el gesto pueda ser estudiado con más detalle y en entorno idóneo.

CONFECCIÓN DEL MOLDE PLANTAR

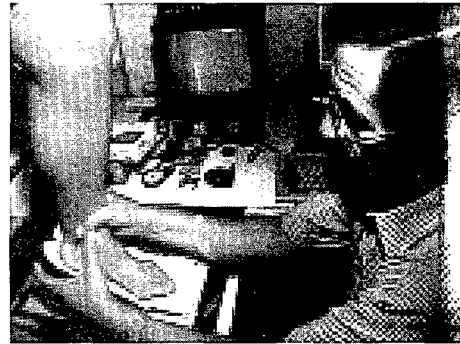
Muchas son las teorías y las formas de conseguir un molde plantar. Hasta ahora se venían obteniendo con medios manuales, con el paciente en camilla. Posteriormente se han ido introduciendo sistemas más funcionales, que pueden ir desde la aplicación de la venda de yeso y posterior colocación del pie dentro del zapato con un plástico para evitar que éste se ensucie, hasta otros procedimientos a base de espumas fenoides, pasando por los sistemas de vacío y los medios informáticos. La presencia de tantos sistemas demuestra que ninguno es fiable en todos los casos, y que todos ellos presentan limitaciones, los unos por estar hechos en descarga, los otros por no poder visualizar las correcciones, y los otros porque a pesar de estar hechos de pie, no pueden reproducir el momento lesional. Personalmente pienso que lo ideal sería conseguir un molde funcional en carga, controlando la distribución de presiones a través del mismo, y por consiguiente a través de la plantilla, que nos permita realizar un paso completo durante su elaboración, así como controlar los movimientos de la extremidad. Es decir, una normalización lógica, no agresiva y eficaz de la corrección.

El sistema que presentaré, el PODO-MODEL, forma parte de un conjunto de análisis dinámico y estudio computarizado de cargas, de uso exclusivo clínico-podológico, conocido como PODO COMPUTER.

Debo advertir, que el sistema no es inteligente, pero si es capaz de seguir y reflejar fielmente las modificaciones que nosotros le indiquemos, y que por tanto, el resultado final será bueno o malo según los criterios del profesional, pero que siempre será un fiel reflejo de éstos.

Se basa en principios de confección neumática, a través de cámaras de adaptación y corrección interconexionadas y controladas en cada momento del paso o posición del pie durante el apoyo, que permite al paciente realizar el gesto, y al profesional, que tendrá las manos libres, efectuar las correcciones pertinentes sobre los diferentes ejes de la pierna o pie, según los objetivos previamente emanados del estudio, mientras está observando a través del monitor el nivel de corrección o compensación obtenido y su comparación con la imagen que represente el momento crítico en que se produce la lesión, tanto a nivel de cargas como de ejes.

Momento de obtención del molde



Mientras confeccionamos el molde podemos apreciar en pantalla el grado de corrección deseado y la huella patológica

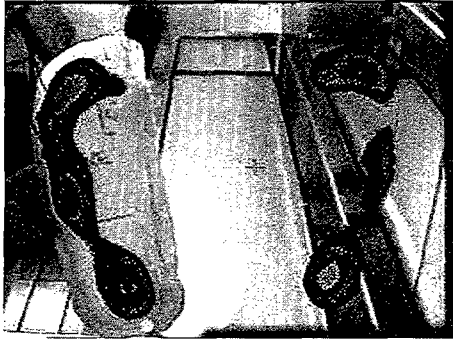


Vemos entonces que el sistema no sabe hacer un molde solo, pero adapta de forma perfecta la venda a la posición que le indiquemos y nos permite dosificar la corrección en cada momento del apoyo, y al tratarse de un sistema neumático, y por tanto igual al que utilizaremos para adaptar el material sobre el molde para confeccionar el soporte o plantilla, resulta la opción más lógica, racional y equilibrada.

Detalle de un molde en carga



Detalle de un molde por sistema tele-neumático con la huella superpuesta



La mezcla racional de los diversos materiales nos permiten cubrir todas las necesidades ortésicas



TECNOLOGÍA DE MATERIALES PARA CONFECCIONAR EL SOPORTE

En la elección del material debemos huir de nomenclaturas vulgares de plantillas blandas, duras o elásticas, por ser términos relativos y poco concretos. Debe aplicarse un criterio más serio de acuerdo con los objetivos marcados y el tipo de corrección.

El grado de dureza de la plantilla estará en función de la resistencia que deba soportar

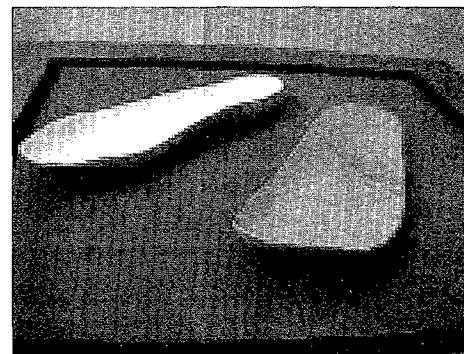


Pienso que sería más lógico aplicar las terminologías de soportes de acomodación, compensación y corrección, dependiendo en cada caso de la resistencia que deban soportar (ortosis acomodativas, compensatorias o de descarga), o ejercer sobre el pie (ortosis correctivas).

Debemos tener presente que una plantilla va acoplada dentro de un calzado, y que el enfranque, la base o la horma de éste puede modificar notoriamente el grado de corrección, por lo que en general hay que huir de materiales que no sean laminados y que no tengan la elasticidad y resisten-

cia necesarias para soportar una carga o ejercer una fuerza sobre el pie sin pérdida de eficacia. También tendremos presente que la plantilla nunca deberá representar una carga excesiva, especialmente en el deportista, por lo que es importante valorar su ligereza.

Plantilla de microporoso (izquierda) y de polipropileno con EVA (dcha.)



Los materiales termoplásticos laminados permiten adaptaciones por vacío prácticamente perfectas

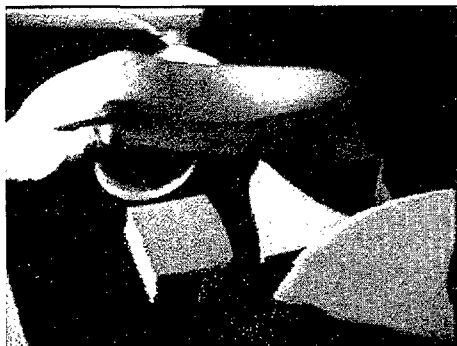


Es decir, tenemos que ir hacia materiales termoconformables con memoria elástica, que actúen de soporte o amortiguador, de cuya tenacidad dependerá el grado de corrección, por lo que debemos disponer de diferentes índices de resistencia y elasticidad. Tenemos que ir al mundo de la petroquímica y sus derivados, que nos ofrecen una gama lo suficientemente amplia como para cubrir la mayoría de nuestros objetivos.

Esta gama de materiales podemos agruparla en:

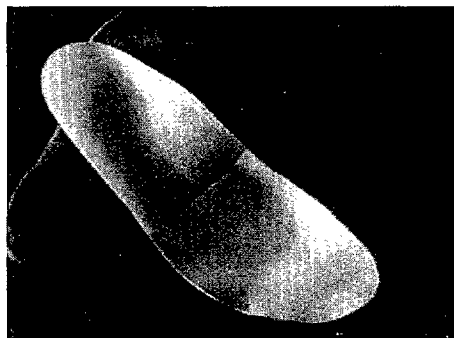
- Laminados elásticos
- Microporosos
- Elastómeros
- Resinas
- Látex

Diversos materiales acoplables por vacío



Los laminados constituyen al alma de la plantilla, tienen poco peso, un grosor de 2 a 4 mm, dan resistencia e impiden su rotura, a la vez que por sus cualidades de memoria elástica, mantienen su forma con un grado de amortiguación constante y una resistencia a la rotura por encima de la que el pie pueda aplicar en cualquier circunstancia (su resistencia al impacto de bola supera los 900 kg por cm cuadrado). El más usado es el polipropileno, que además permite en el proceso de termoconformado al vacío, incluir otros materiales con los que queda firmemente adherido, con lo que se evitan los relieves o los cambios de resistencia bruscos que pudiesen resultar agresivos para el pie. También permiten correcciones posteriores para seguir adaptando una plantilla a nuevas necesidades, y su envejecimiento es prácticamente nulo, pudiendo mantener eficacia durante muchos años, si el cuidado y las revisiones son los indicados en cada caso.

Plantilla de polipropileno con alargo en antepié de microporoso



Para aumentar su amortiguación, se les añaden los microporosos en forma de sandwich, de entre los que el más eficaz es el ETILEN VINIL ACETATO en sus diferentes formas de presentación y grado de elasticidad, por su capacidad de amortiguación (aproximadamente igual al aire), y poco peso.

Sección de una plantilla para deporte confeccionada con EVA y polipropileno



El látex espumado en láminas de distinta densidad y grosor, dada su alta tecnología actual, es otro de los materiales de gran utilidad, ya que al contener aire en las microceldillas tiene una capacidad de amortiguación y resistencia suficiente en muchos casos. Como inconveniente podríamos decir que debe estar siempre incluido entre laminados de EVA, ya que no es hidrófugo y en contacto con el pie y el sudor se desmorona con cierta facilidad. Permite su encolado perfectamente tanto con los microporosos como con los polipropilenos.

Las resinas o materiales bi componentes forman una familia de diversas densidades y buenas propiedades mecánicas, pero una vez fraguadas no permiten manipulaciones, y son en general más pesadas. Pueden ser útiles en zonas determinadas de la plantilla, como elementos estabilizadores.

Las resinas termoadaptables, no ofrecen el grado de elasticidad y resistencia que los polipropilenos, por lo que se deforman con el peso, y por tanto no son eficaces en muchos casos, si bien resultan fáciles de trabajar.

Finalmente tenemos los derivados del silicio, que con el nombre genérico de elastómeros pueden ser incluidos en zonas concretas, ya que si bien tienen mayor capacidad de absorción de impacto (entre un 80 y un 90 %), resultan más pesados, y en forma laminada no se adhieren bien a los microporosos. Estos materiales tienen un comportamiento semejante a los fluidos, es decir, al ejercer sobre ellos una presión la dispersan en todas direcciones, de forma similar al tejido adiposo plantar. Su excesiva capacidad de amortiguación tiene como contrapartida una acción correctiva prácticamente nula y en muchas ocasiones, su exceso de amortiguación puede producir sobrecargas musculares.

Las cualidades generales de los materiales microporosos, (no se incluyen los elastómeros) son:

- permiten el termoconformado, solos o combinados con otros son hidrófugos, por lo que no absorben sudor y en cambio permiten la evaporación de éste.
- tienen resistencia a la abrasión y compresión, en función de su grado de densidad
- tienen reducido peso
- no producen reacciones alérgicas
- son materiales recuperables en gran número de casos
- permiten encolados de otros o entre sí, por lo que una plantilla puede ser progresivamente reforzada en sus zonas de mayor desgaste

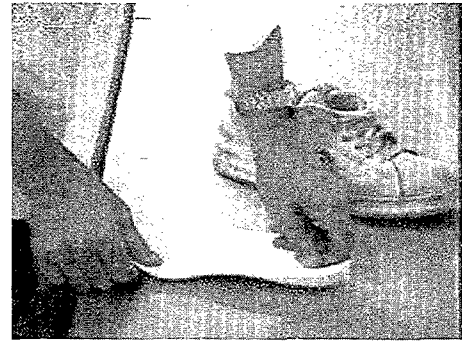
Pienso de todas formas que no existe un material ideal, y que todos pueden ser buenos si cumplen los objetivos que nos planteemos en cada caso particular.

CONSIDERACIONES EN EL MOMENTO DE ACOPLAR EL SOPORTE

Con frecuencia es una parte descuidada cuando en realidad requiere una dedicación especial dentro del capítulo ortésico.

El paciente debe ya conocer cuales son los criterios que nos llevan a elegir su tratamiento ortésico y los objetivos que pretendemos conseguir, y debe por tanto saber qué puede esperar de un soporte, y qué tiempo a nuestro criterio va a necesitar para adaptarse bien al mismo, especialmente si la plantilla lleva algún tipo de corrección especial.

Es importante el acoplar la plantilla en el calzado que vaya a usarse



Si se trata de un atleta, es necesario que traiga la zapatilla en la que deba ser acoplada, y si está deformada por el uso, esperar a adquirir la nueva con la plantilla personalizada en su interior.

Cuando se entregue la plantilla, debe ser probada tanto sobre el podómetro o sobre la plataforma, tanto descalzo como con el calzado acoplado.

La plantilla debe ofrecer un plano de trabajo correcto y una adaptación perfecta



No es conveniente que inicie el entreno de inmediato con ella, pues podría haber un roce o presión derivado tanto de la adaptación como del cambio en los apoyos, por lo que debería usarla para caminar un par de días con anterioridad a incorporarla a la práctica deportiva, cuyos inicios deben ser siempre progresivos, para que la compensación sea asimilada e integrada.

Debe saber que la plantilla puede modificar, pero que la lesión debe ser reparada, y que eso requiere un tiempo que estará en función de la intensidad de la misma, que en ocasiones debe ser ayudada mediante rehabilitación, electroterapia, reducción de la actividad, etc.

Una vez confeccionada la plantilla, se comprueba en el podómetro el grado de corrección o compensación obtenidos



Imagen analógica con la plantilla acoplada



Si el grado de alteración es importante, considero imprescindible para la integración y asimilación total de la corrección, el uso de la plantilla de forma ininterrumpida. No podemos pretender caminar durante todo el día con unos apoyos diferentes a los que vamos a ejercer durante el entreno. Difícilmente la plantilla sería así integrada a nivel sub-

consciente, ni el gesto modificado. No podemos grabar una película de video y luego al proyectarla pretender imágenes diferentes. Los movimientos deben ser integrados y esquematizados a nivel de subconsciente de forma que su ejecución sea lógica y automática.

Cuando la sintomatología haya remitido es necesario volver a revisar la plantilla, ya que el pie en estado asintomático es más receptivo a las modificaciones por la lógica disminución de la postura que comporta toda lesión, que lógicamente rompe la secuencia íntegra del gesto, al modificarla por el dolor, cuanto más mientras más antiguo sea éste.

También debe entender que si la lesión obedece a un fondo de desequilibrio estructural, debe usar siempre su soporte, ya que la interrupción en el uso, llevaría nuevamente, de forma más o menos rápida, a la aparición de la sintomatología.

Prueba de la plantilla acoplada en el interior del calzado, mediante la plataforma de sensores

