

Relación entre el calzado y la marcha humana

Relation between footwear and walking

J. L. Martínez Gil. *Fisioterapeuta. Universidad Católica San Antonio. Murcia*

I. Fuster Antón. *Fisioterapeuta. Murcia*

J. Martínez Cañadas. *Fisioterapeuta. Universidad Católica San Antonio. Murcia*

RESUMEN

La marcha es nuestro modo habitual y específico de locomoción, lo que permite al hombre desplazarse en posición vertical sin cansarse demasiado. En esta posición erguida, el ser humano camina hacia delante y cada pierna, de manera alternante, soportará el peso del cuerpo, mientras que la otra pierna, también de manera alternante, se balancea y se prepara para el siguiente apoyo.

Al caminar tenemos:

- *Una fase de oscilación:* cuando el pie se encuentra en el aire.
- *Una fase de apoyo:* cuando el pie está en contacto con el suelo.
- *Fase de apoyo unipodal o monopodal:* cuando sólo un pie tiene contacto con el suelo.
- *Fase de apoyo bipodal:* cuando los dos pies están en contacto con el suelo.

El número de impactos por kilómetro recorrido se sitúa entre 1.000 y 1.300, lo que nos puede dar una idea de la cantidad de traumatismos que acumula.

La grasa situada bajo el talón es anisotrópica y las mejores plantillas para el calzado deportivo intentan precisamente imitar las cualidades de absorción de la grasa del talón.

Sobre la bipedestación, los tacones altos provocan un aumento de la rotación externa y de la FX plantar del pie y esto podría ser el origen de una lumbalgia. Sobre la cinemática de la marcha, la longitud del paso y la velocidad de la marcha, disminuyen con el aumento de altura en el tacón. Sin embargo, la duración total del ciclo de la marcha no cambia. La inestabilidad en el pie hace posible el aumento de esguinces, luxaciones y fracturas en el tobillo, raquis y en las articulaciones de los MMII y aunque a corto plazo no se produzcan lesiones, a medio y largo plazo el raquis y los MMII sufrirán un deterioro más precoz.

El calzado influye en la capacidad de amortiguación durante la marcha, de manera que el impacto del miembro inferior contra el suelo provoca una onda de choque que se refleja con una fuerza de reacción y se transmite a través del esqueleto hasta la cabeza.

Palabras clave: marcha, calzado, pie, estabilidad.

ABSTRACT

Walking is our most frequent means of transport which allows man to move from one place to another in a vertical position without becoming too tired. In this raised position, human beings walk forwards and each leg will alternatively support the weight of the body while the other leg also alternatively, is balanced and prepared for the following supporting position.

When walking we have:

- *An oscillation phase*: when the foot is in the air.
- *A support phase*: when the foot is in contact with the ground.
- *A unipodal or monopodal phase of support*: when only one foot has contact with the ground.
- *A bipodal phase of support*: when both feet are in contact with the ground.

The number of impacts per kilometre walked is somewhere between 1.000 and 1.300 which can give us some idea of the amount of traumatismos that are accumulated.

The fat located under the heel is anisotropic and the best brands of sport footwear do their best to imitate the absorbing qualities of this fat. On the bipedestacion, high heels cause an increase of the external rotation and of the plantar FX of the foot and this could be the origin of many lumbar problems.

About the kinematics of walking, the length of step and the walking speed diminish with the increase of the height in the heel. Nevertheless, the total duration of the walking cycle does not change. This instability in the foot makes it more likely to suffer from sprains or fractures in the ankle, spine, and in the joints of MMII, although short term injuries do not occur, the long term effects would be a premature deterioration of the spine and MMII.

Footwear greatly influences in the damping capacity while walking. In this way the impact of the inferior member against the ground causes a shock wave that is reflected with a reaction force and is transmitted through the skeleton to the head.

Key words: walking, footwear, foot, stability.

INTRODUCCIÓN

Dice un proverbio chino, que «hasta las marchas de 1.000 kms comienzan por un paso».

Cuán grande es el número de patologías, sobre todo del miembro inferior, que los fisioterapeutas tratamos a diario.

Cuántas veces hemos oído la frase saber de qué pie cojea, referida al conocimiento de las personas. Pero esta frase hecha, a pesar de que tiene un claro doble sentido, nos dice

que debemos analizar hasta los detalles más pequeños que tienen las personas para conocerlas bien.

Las necesidades que nos surgen en el día a día de nuestra vida profesional, las exigencias del deporte y los avances en la ciencia, nos exigen una mayor preparación ante determinadas disfunciones y patologías así como una mayor eficacia en nuestros tratamientos de ellas.

Por otra parte, siempre es interesante hacer una puesta al día en los conocimientos

de estas disfunciones y patologías así como de sus posibles soluciones, tanto en su aplicación conservadora y/o tradicional, como en los tratamientos tras la cirugía.

Nuestro objetivo es que este artículo contribuya a ampliar nuestros conocimientos en el área de la Fisioterapia, ayudando a los fisioterapeutas y ayudar también mejor y a más gente dentro de nuestra sanidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos realizado una amplia revisión bibliográfica, tratando de resumir y plasmar de una manera objetiva y clara cada una de las partes de la marcha humana, intentando obtener una visión más global para la Fisioterapia.

La bibliografía revisada ha sido muy extensa, pero entre todos los libros revisados, destacamos dos de ellos:

— *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*, del Instituto de Biomecánica de Valencia, coordinado por Jaime Prat [1].

— *La marcha humana, la carrera y el salto*. Biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones, coordinado por Eric Viel [2].

La marcha es nuestro modo habitual y específico de locomoción, lo que le permite al hombre desplazarse en posición vertical sin cansarse demasiado. En esta posición erguida, el ser humano camina hacia delante y cada pierna, de manera alternante, soportará el peso del cuerpo, mientras que la otra pierna, también de manera alternante, se balancea y se separa del suelo y prepara para el siguiente apoyo [3]. Por lo que de manera intermitente, en la marcha unas veces mantenemos contacto en el suelo con ambos pies (apoyo bipodal) y otras sólo con un pie (apoyo monopodal), pero mientras caminamos, siempre mantenemos contacto con el suelo [4] (fig. 1).

A la distancia existente de talón a talón, que separa dos apoyos de un mismo pie la llamamos ciclo de la marcha o zancada, lo que en la práctica corresponde al intervalo que separa dos apoyos sucesivos de los talones. Es lo que denominaríamos un ciclo completo (o lo que es lo mismo, 100 % del ciclo).

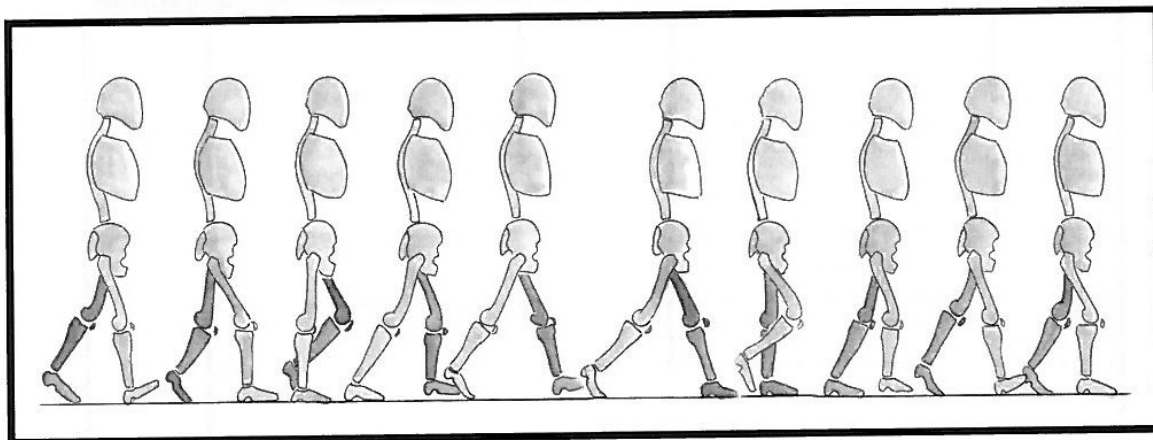


FIG. 1. Zancada.

A partir de aquí, lo que podemos hacer es repetir ese ciclo [1, 5].

El ciclo de la marcha es por tanto una rueda sin fin, en la que vamos repitiendo los movimientos del lado derecho e izquierdo de nuestro cuerpo y en el que alternamos el apoyo de una pierna con el de la contraria [1, 2].

Cada extremidad inferior, por tanto, pasará por una fase de apoyo durante la cual, el pie estará en contacto con el suelo, y una fase de pierna oscilante (llamada también fase de oscilación o de balanceo) en la que el pie estará en el aire a la vez que avanza.

Tendremos pues (fig. 2):

- *Una fase de oscilación:* cuando el pie se encuentra en el aire.
- *Una fase de apoyo:* cuando el pie está en contacto con el suelo.
- *Fase de apoyo unipodal o monopodal:* cuando sólo un pie tiene contacto con el suelo.
- *Fase de apoyo bipodal:* cuando los dos pies están en contacto con el suelo [1].

Nuestra forma de locomoción normal es la resultante de una combinación de estas fa-

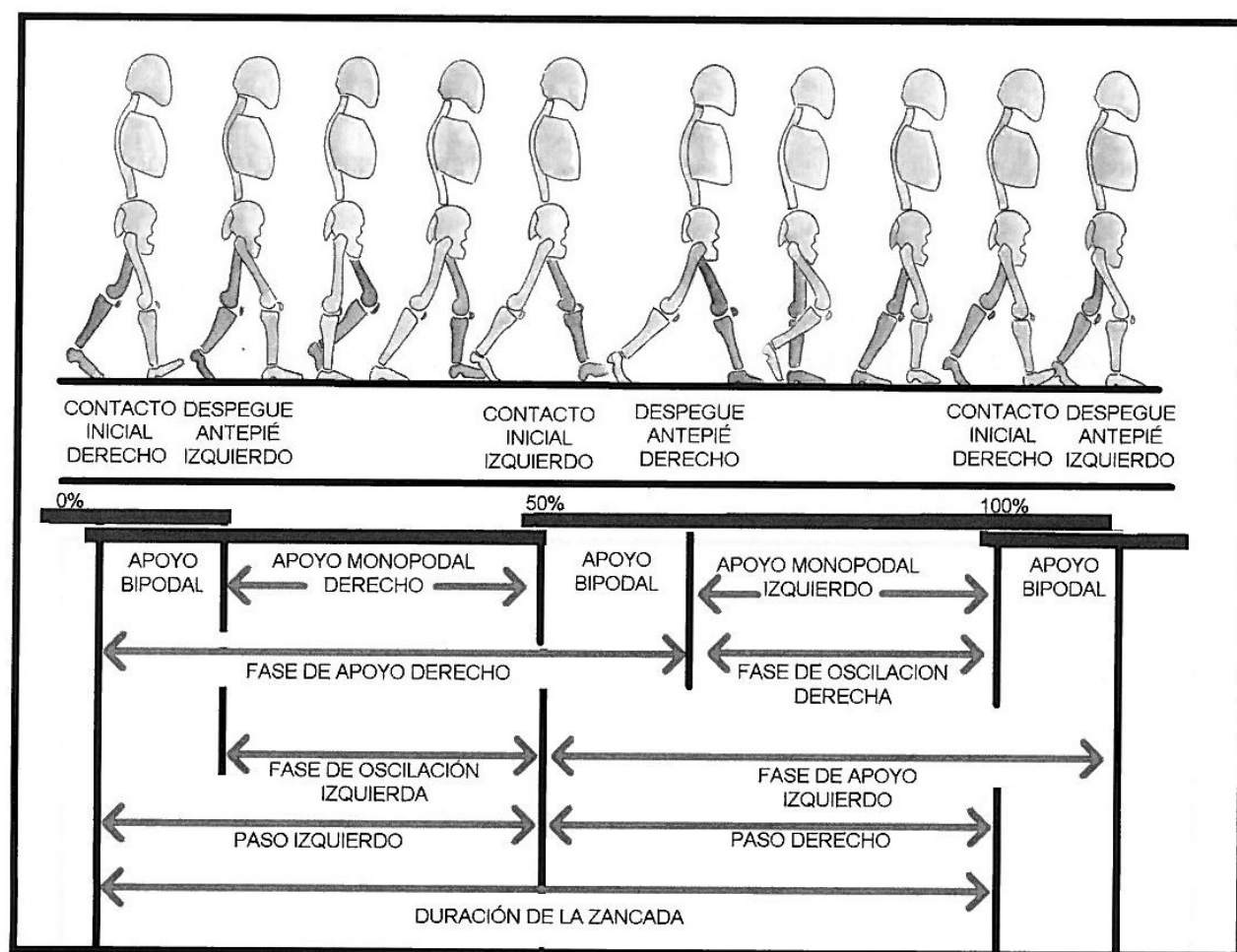


FIG. 2. Ciclo de la marcha.

ses, junto con la duración y amplitud de cada una de esas fases del ciclo de la marcha.

Durante la marcha (dinámica) (fig. 3) las personas jóvenes tienen una separación media de los pies entre 6 y 8 cm y los adultos entre 8 y 12 cm.

La distancia entre los dedos y el suelo durante la marcha es muy reducida pues varía entre 0,5 y 1,5 cm durante la fase de oscilación. Esta distancia de seguridad entre los dedos y el suelo también varía con la edad, siendo 1,27 cm de media en las personas adultas jóvenes y 1,11 cm en las personas de más edad [6, 8].

Los dedos pasan a ras del suelo en cada paso, gracias a una regulación muy precisa controlada por nuestro cerebro, pero esta regulación se vuelve insuficiente ante el más mínimo obstáculo como una piedra, un cable, una alfombra, etc.

En el momento del contacto del talón con el suelo el pie suele estar en rotación externa con una variación entre 0 y 20°. En los niños pequeños está rotación suele ser nula o haber una rotación interna del pie. En los niños que han llegado a la madurez de la marcha está rotación se sitúa entre los 6 y 7,5°. En los adultos, entre 8 y 10 grados [1, 7].

Cuando los dedos se despegan del suelo, el pie tiende a girar en rotación interna en la mayoría de las personas y vuelve hacia la rotación externa durante la fase de oscilación [8].

A partir de aquí y hasta completar la zancada para ambos miembros inferiores constará de dos fases: apoyo y oscilación. Si bien y en cada uno de los pies se irán sucediendo una serie de acontecimientos tales como los indicados en la figura 2.

Fase de apoyo:

— Fase de apoyo inicial (CI). Contacto del talón con el suelo: 0 - 2 %.

— Fase inicial de apoyo o de respuesta a la carga (AI): 0 - 10 %.

— Fase media de apoyo (AM): 10 - 30 %.

— Fase final de apoyo (AF). Despegue del retropié: 30 - 50 %.

— Fase previa de la oscilación (OP). Despegue del antepié: 50 - 60 %.

Fase de oscilación:

— Fase inicial de la oscilación (OI): 60 - 73 %.

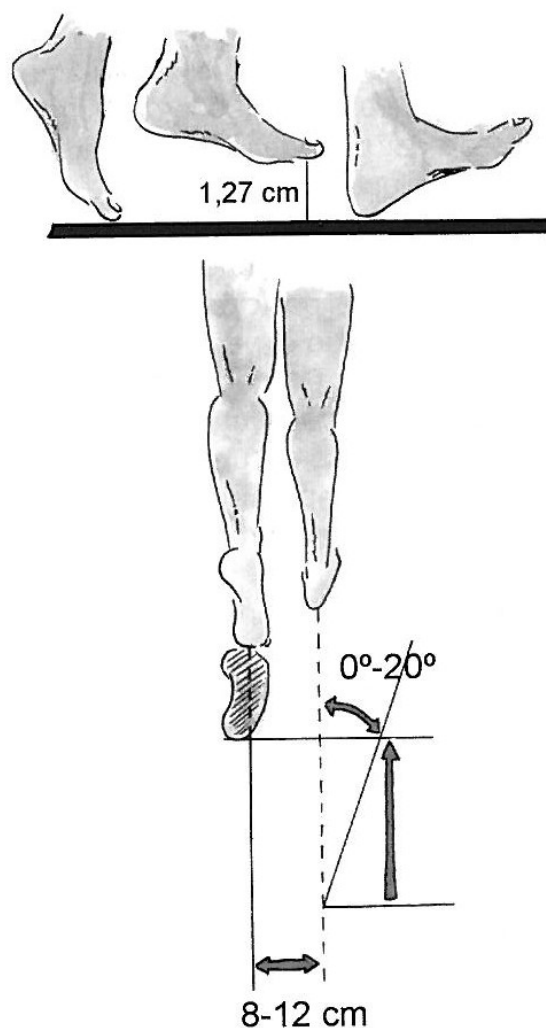


FIG. 3. Amplitud de la marcha.

- Fase media de la oscilación (OM): 73 - 87 %.
- Fase final de la oscilación (OF): 87 - 100 %.

Ataque del talón (fig. 4)

El talón de la extremidad que está delante (va de delante a atrás) inicia el paso, recibe todo el peso del cuerpo y cumple la función de absorber y amortiguar la energía cinética. La superficie disponible en el talón para el impacto es muy pequeña (unos 23 cm² para el talón entero y unos 15 cm² para el calcáneo). El número de impactos por kilómetro recorrido se sitúa entre 1.000 y 1.300 lo que nos puede dar una idea de la cantidad de traumatismos que acumula.

Constituye la *primera toma de contacto del pie con el suelo* y tiene la finalidad de tomar una buena posición para iniciar el apoyo y recibir todo el peso del cuerpo. La grasa situada bajo el talón es anisotrópica; si se desplazan lateralmente las partes blandas del talón, no se encuentra resistencia, y si se intenta comprimirla verticalmente, ofrece una importante resistencia a modo de rigidez.

Las mejores plantillas para el calzado deportivo intentan precisamente imitar las cualidades de absorción de la grasa del talón, pero estas son isotrópicas y no anisotrópicas, por lo que no tienen las mismas cualidades direccionales.

El contacto con el suelo

En una marcha normal, existen tres maneras de contacto del pie con el suelo (figura 5):

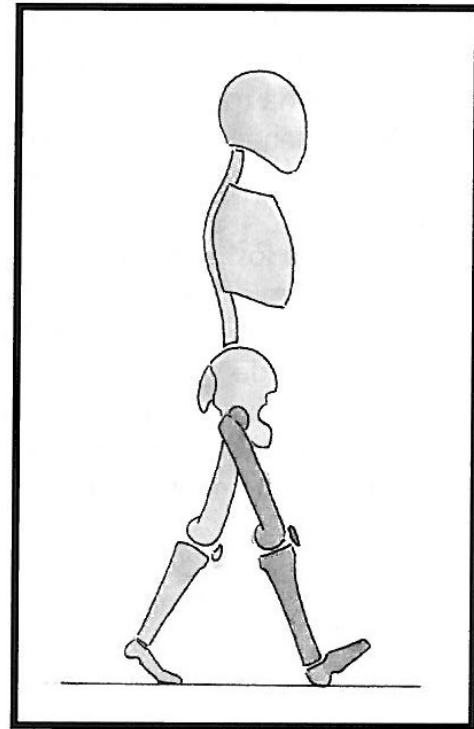


FIG. 4. Ataque de talón.

- *Contacto sobre el talón.* Es la manera más frecuente de iniciar el contacto con el suelo.

- *Contacto sobre el pie completo.* Se suele comenzar por la cabeza del quinto meta (71 %), por todo el antepié a la vez (22 %) o por la cabeza del primer meta (8 %), y en todos los casos el antepié entra rápidamente en carga.

Contacto sobre el antepié

Los mecanismos de amortiguación existentes en el pie son: la eversión subastragalina y la FX dorsal mediotarsiana, que actúan desde el contacto inicial hasta el apoyo completo del pie [1-3, 7].

Durante el apoyo completo sobre el pie, el peso del cuerpo lo comparten el talón y el antepié y en ese momento las articulacio-

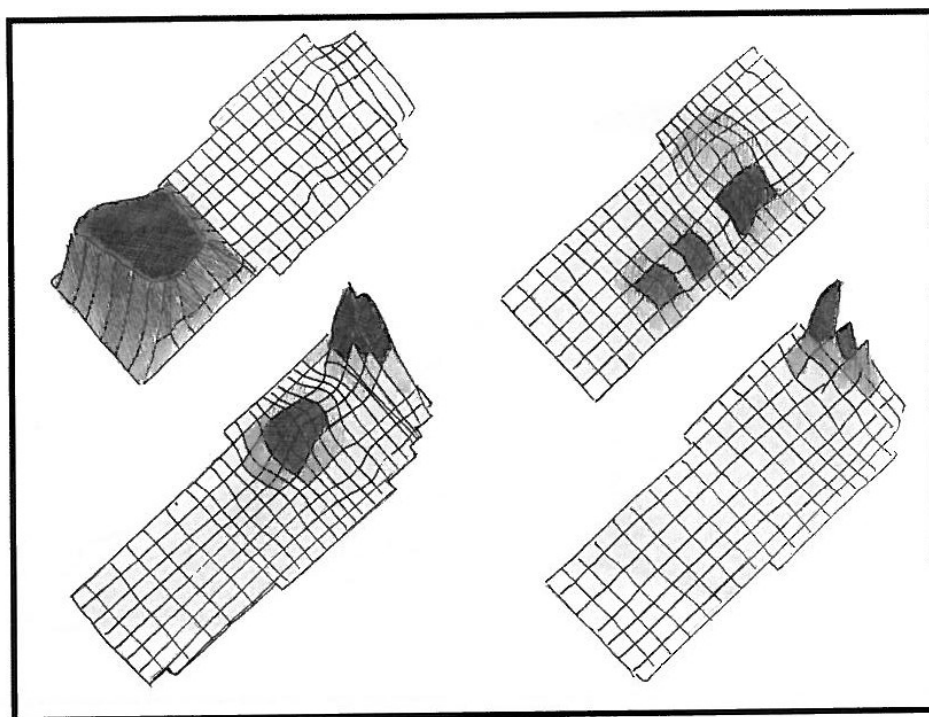


FIG. 5. Contacto con el suelo.

nes metatarsofalángicas están en posición neutra (fig. 6) mientras que en la fase final de apoyo, cuando el talón está levantado del suelo, todo el peso cae sobre el antepié, existiendo entonces una FX dorsal de las metatarsofalángicas (fig. 7). La acción de los FX de los dedos hace aumentar la superficie de apoyo efectivo al tocar los dedos con el suelo.

Cualquier interrupción más o menos brusca de las secuencias automáticas de la marcha provoca inestabilidad y caída al suelo.

Entre todos los mamíferos, parece que es el hombre el único que tropieza, por lo menos el único que tropieza dos veces en el mismo sitio. Los demás animales caminan o corren a menudo utilizando cuatro apoyos, tienen los brazos más largos y se caen menos.

En todos los países desarrollados se utiliza el calzado para caminar y es evidente que

éste tiene una influencia sobre la marcha. Al hablar de la marcha, el calzado merece una atención especial, ya que algunas partes del mismo como el tacón, el tamaño, la rigidez, la distribución de presiones dentro del mismo, etc., pueden modificar la estática de la persona.

El calzado se utiliza siempre para caminar, pero es un fiel acompañante de la estética, de las modas y de las normas sociales, es un atributo de elegancia y existe si se quiere ver así, un tipo de calzado para cada ocasión.

Si observamos las distintas partes del calzado encontramos (fig. 8):

El contrafuerte posterior

Pieza generalmente de cuero con que se refuerza el calzado por la parte del talón. Es

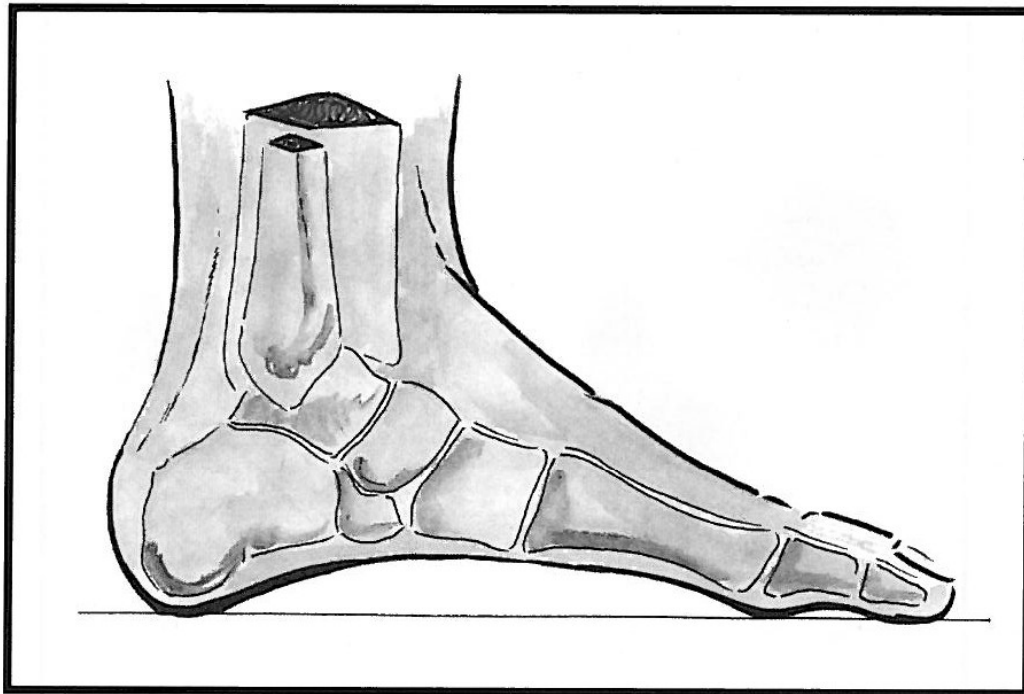


FIG. 6.

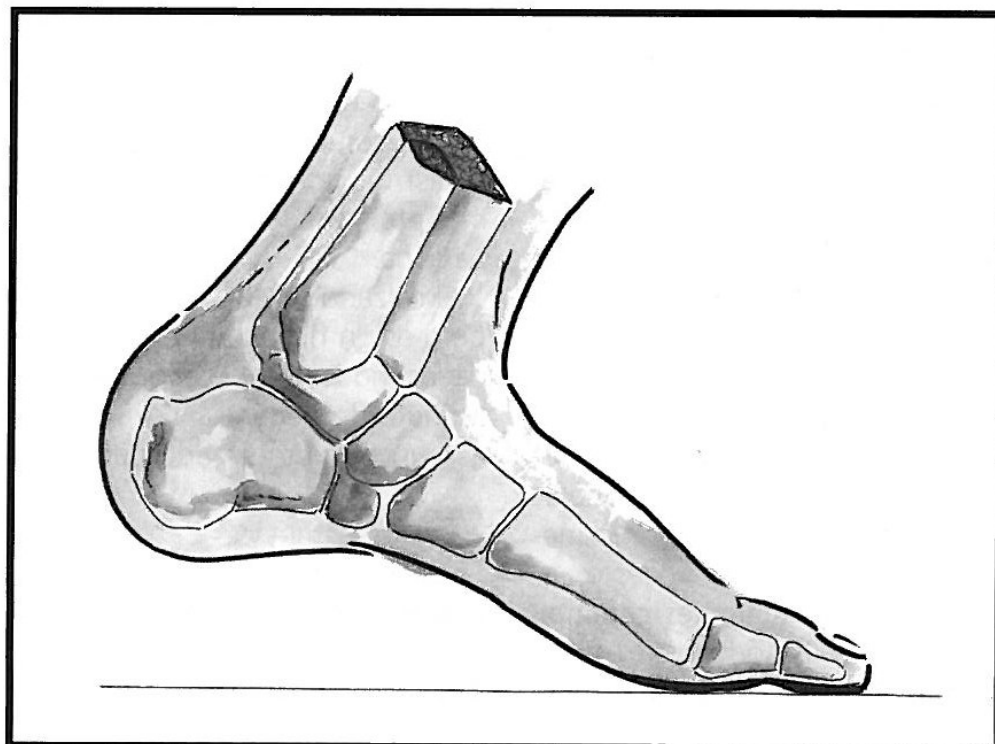


FIG. 7.

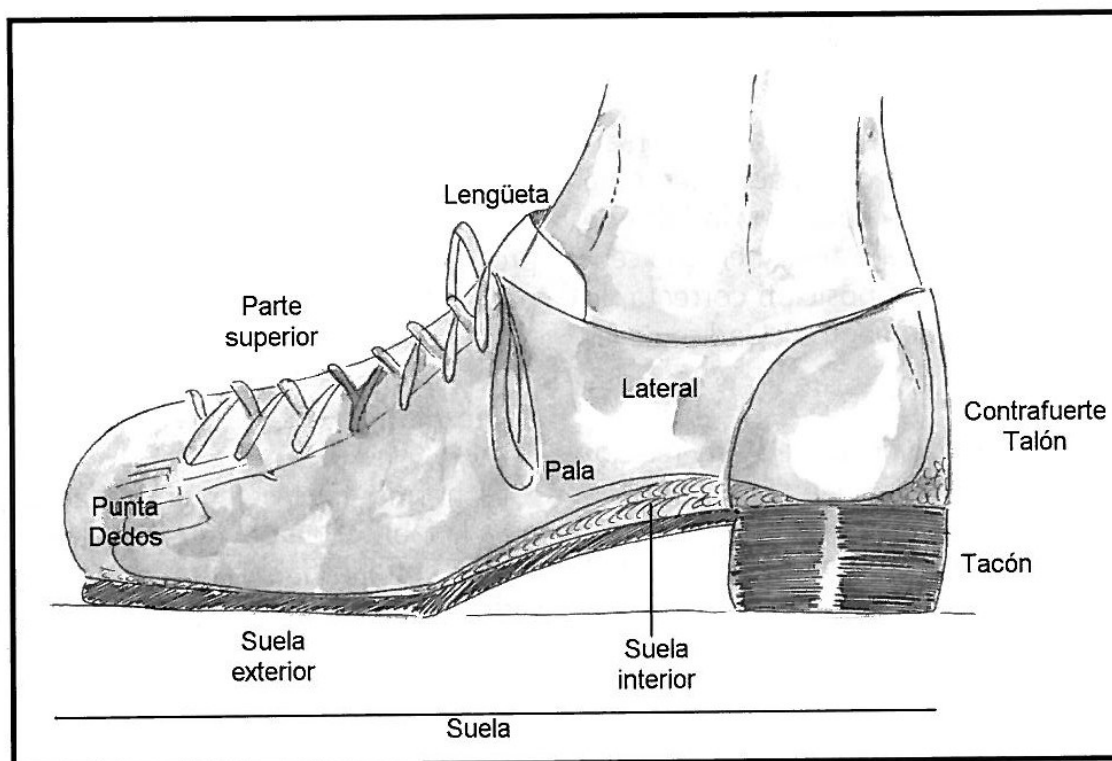


FIG. 8. Partes del calzado.

importante que el contrafuerte sea consistente y que esa consistencia se mantenga durante toda la vida del zapato, porque los movimientos incorrectos del retropié deben ser frenados por el calzado. Un buen contrafuerte complementa la acción de ortosis plantar funcional, puesto que un movimiento incorrecto del retropié debe ser frenado por el calzado y cualquier ayuda aumenta el rendimiento del soporte plantar en su función estabilizadora de la articulación subastragalina y permite una buena movilidad en la articulación tibio-peronea-astragalina.

La suela

Está relacionada con la fatiga del usuario, así como con la longitud del paso. Las suelas pueden ser de distintos materiales, colo-

res, durezas y características técnicas como son:

- Coeficiente de agarre
- Coeficiente de flexión
- Peso
- Resistencia al desgaste

Las suelas más utilizadas actualmente son las de caucho y poliuretano por sus características amortiguadoras y aislantes. La flexibilidad de la suela es fundamental para facilitar la fase de despegue digital mediante la flexión dorsal de las articulaciones metatarsófalangicas [9].

Es interesante reseñar que se han utilizado gran variedad de materiales de baja densidad para amortiguar el impacto, pero en la mayoría de ocasiones esa excesiva amortiguación ha derivado en:

— Aumento de consumo de energía por el hundimiento del pie sobre esa superficie blanda.

— Reducción del control de la posición articular del pie causada por el aislamiento de sensaciones de los receptores y la falta de emisión de órdenes del sistema nervioso central para recuperar la posición correcta, lo que nos lleva a un aumento del índice de las lesiones.

«La zona de apoyo de la suela está relacionada con la fatiga del usuario, así como con la longitud del paso».

«La corrección de la pronación y la supinación tarsiana es mayor con prolongación medial o lateral del tacón».

El calzado tiene una alta importancia para la dinámica del ser humano, tenga la edad que tenga ya que son numerosísimas las horas en que tenemos puesto el calzado, por lo que varía de manera realmente importante el confort y la marcha según se utilicen unos zapatos u otros.

El espesor

Tiene por objetivo proteger los pies de agentes mecánicos lesivos. En el caso de un calzado de vestir de suela de cuero su espesor es de 3 a 5 mm.

En el calzado de calle se aconseja un espesor de suela mínimo entre 8 y 10 mm, siempre dependiendo de las características del material.

La geometría

Las suelas que incorporan un dibujo de diseño adecuado permiten una mejor dispersión de contaminantes y mejoran las propie-

dades de agarre al suelo. En el calzado de vestir con suela de cuero deben utilizarse tapas de goma con dibujo ranurado en el tacón y en la parte delantera. Es preferible incorporar materiales de entresuela y suela que no se deformen fácilmente, y que incorporen propiedades especiales de absorción de impactos [9].

La horma

La horma es un elemento fundamental para la fabricación del calzado, hasta el punto que entre los fabricantes se dice que «zapato se escribe con h de horma». Su forma es la responsable directa del buen ajuste del calzado al pie. La horma es generalmente más estrecha que el pie en el talón y antepié, y más amplia en los dedos para que permita el movimiento de éstos [10].

— Su eje longitudinal debe ser siempre recto.

— Observando la anatomía del pie, guardará una correcta relación entre la anchura de talón y el antepié.

— Debe respetar las concavidades interna y externa del pie.

— Debe permitir el movimiento de los dedos.

El corte

En la puntera el corte del calzado debe ser lo suficientemente adecuado como para permitir la movilidad de los dedos durante las distintas fases de la marcha. La forma de la puntera influye en la magnitud y distribución de las presiones máximas del pie dentro del calzado. Así, en una puntera cerrada o estrecha la posición de las cabezas de los metatarsos

cambiará respecto al pie descalzo, comprimiendo el primer meta en dirección externa y al quinto en dirección interna. Está ampliamente demostrado que las punteras con poco espacio para los dedos provocan atrofias musculares de los extensores y flexores, y además rompen el equilibrio entre interóseos y lumbricales. La puntera a nivel distal está protegida por un contrafuerte denominado puntafuerte o tope.

El pie puede cambiar considerablemente de volumen durante el transcurso del día y el calzado debe tener la capacidad de adaptarse a esta modificación. El corte debe ayudar también a mantener las propiedades naturales de transpiración del pie con la utilización de pieles finas naturales, debiendo evitarse los materiales sintéticos [11]. La acumulación de sudor causa un efecto directo degradante de la piel del calzado y además favorece el crecimiento bacteriano y fúngico en el pie y en el calzado. Otro aspecto a tener en cuenta es la ausencia de costuras internas.

El tacón

El tacón es la primera parte del zapato en contactar con el suelo, por lo que debe asegurar un correcto agarre con el suelo con el claro objetivo de no resbalar. El calzado con tacón alto es el origen de una serie de consecuencias negativas para la salud. Es lógico pensar pues, que al hablar de la marcha y del tacón del calzado, las mujeres presenten más alteraciones que los hombres [12].

El tacón modifica la posición del pie y del resto del cuerpo produciendo un cambio postural estático. Un cambio en la distribución de las cargas y presiones plantares tiene como consecuencia un cambio en el patrón de la marcha y a medio y largo plazo efectos sobre la salud.

Un tacón se denomina *positivo* cuando el talón del pie dentro del calzado está más alto que los dedos, y *negativo* cuando los dedos del pie dentro del calzado están más altos que el talón.

Por su altura, el tacón lo podemos dividir en tres grupos (fig. 9):

- Bajo: hasta 2 cm de altura.
- Medio: ente 3 y 5 cm.
- Alto o de aguja: más de 6 cm [13].

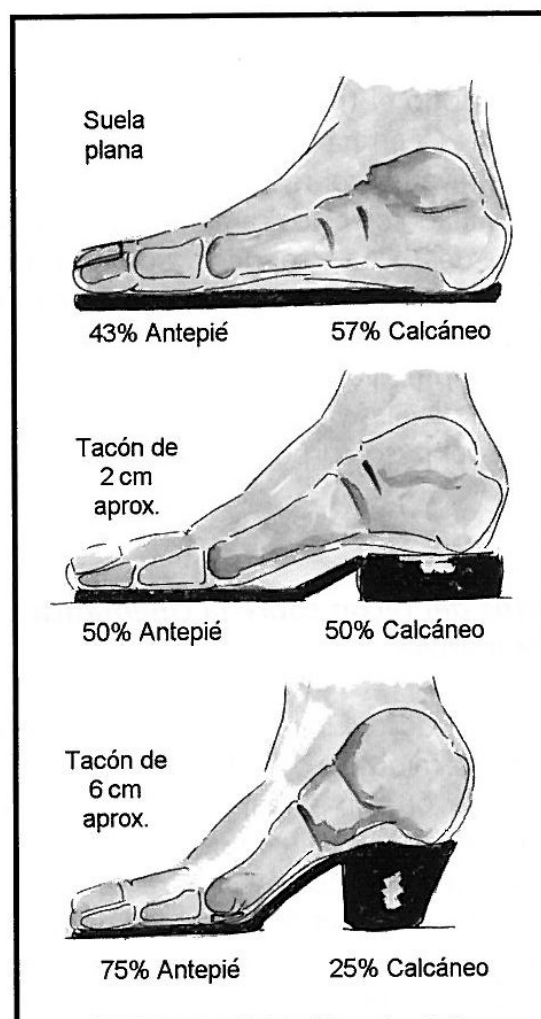


FIG. 9. Tipos de tacón.

Efectos del tacón sobre la bipedestación

Sobre la bipedestación, los tacones altos provocan un aumento de la rotación externa y de la FX plantar del pie [14]. Una FX plantar forzada se combinará con una inversión del calcáneo y rotación externa del astrágalo, dando lugar finalmente a una supinación del pie.

Una mayor FX plantar del pie provoca una mayor FX de rodilla. Lo que da lugar a una tendencia por la que las masas se desplazan hacia delante y, en función de la anatomía y fisiología particular de cada persona, hacen aumentar o no la lordosis lumbar, lo que por otra parte podría ser el origen de una lumbalgia. Asimismo, la cabeza, el cuello y los brazos (todo el tronco) suelen desplazarse hacia atrás y arriba buscando colocar el centro de gravedad sobre la base de apoyo [15].

El resultado de estos cambios como consecuencia del tacón alto, genera en estas personas una tendencia clara a desplazarse y/o caerse hacia delante, lo que solicita un trabajo activo inmediato de los músculos lumbares, isquiotibiales y abdominales, y la línea de acción del peso corporal se desplaza hacia atrás.

Efectos del tacón sobre la cinemática de la marcha

La longitud del paso y la velocidad de la marcha disminuyen con el aumento de altura en el tacón. Sin embargo, la duración total del ciclo de la marcha no cambia. A mayor altura del tacón, vamos a tener una marcha menos estable y menos segura [16].

Para tener una idea del cambio de los grados que sufre la primera articulación metatarsofalángica al llevar zapatos de tacón [17], se comparó la marcha en mujeres jóvenes

primero con el pie descalzo y luego con un zapato de 6,5 cm de tacón y la FX dorsal de esta articulación de pie descalzo (37°) con zapatos de tacón (57°). Es decir, que aumentó 20° y lógicamente ello repercutió en la marcha.

Es curioso cómo en diferentes estudios, unas personas por lo general más jóvenes y que suponemos con más flexibilidad, al llevar un calzado de tacón alto compensan con una hiperlordosis lumbar y otras, por el contrario, por lo general personas de más edad y que suponemos con menos elasticidad y con la misma altura de tacón que en el caso anterior, compensan realizando una posteriorización de la pelvis, reduciendo la lordosis (es decir, reaccionan de una manera totalmente contraria). En estos estudios encontramos que las personas que están muy acostumbradas a los tacones altos son capaces de exagerar más los movimientos pélvicos, mientras que las personas que no lo están tienen por lo general una mayor movilidad de tronco.

Llama la atención el hecho de que el tacón alto haga aumentar la FX de rodilla en varones y que la lordosis lumbar sea menor para los varones con tacón alto. Y si comparamos el hecho de caminar descalzo con el uso del tacón alto y la aparición de lumbalgias, no se encuentra una relación clara, lo que nos sugiere que la lumbalgia asociada a la utilización del tacón alto se debe más al aumento de la intensidad del impacto durante la marcha que al propio aumento de la lordosis [18].

Efectos del tacón sobre la cinética de la marcha

La altura del tacón es un tema bastante discutido, puesto que depende de la valora-

ción de cada persona. Para ello se debe realizar un estudio estático y dinámico, haciendo especial hincapié en el estado del tríceps sural, aunque en la mayoría de los casos el tacón que mantiene un buen reparto de cargas y respeta la situación de la musculatura posterior de la pierna oscila entre 2 y 3 cm (fig. 4).

Además, un tacón elevado coloca en ligera flexión las articulaciones de rodilla y cadera, lo que hace que aumente el protagonismo muscular para estabilizar dichas articulaciones en flexión durante la dinámica y la estática. Un tacón con la altura adecuada hace aumentar el peso que soporta el antepié [19].

En el apoyo bipodal y en posición normal, el peso se distribuye en un 43 % para el antepié y un 57 % para el calcáneo. Con el pie en Talo, el 100 % del peso caería sobre el calcáneo. Con un tacón del 2 cm cae el 50 % del peso sobre calcáneo y antepié. Con un tacón del 4 cm cae el 57 % del peso sobre el antepié y el 43 % sobre el calcáneo. Con un tacón del 6 cm cae el 75 % del peso sobre el antepié y un 25 % sobre el calcáneo (fig. 9). Con tacón alto y el pie en equino, el 100% del peso cae sobre las cabezas de los metatarsianos.

El uso de tacones tiende a desplazar el centro de presiones hacia la cabeza del primer metatarsiano provocando un aumento en el contacto entre ésta y los sesamoideos. Si a esto añadimos el aumento de presión entre los dedos como consecuencia de una puntera estrecha, nos encontraremos con una menor superficie de apoyo y por supuesto, con cierta inestabilidad [14]. Con un tacón bajo, la presión bajo las cabezas de los metas 4.º y 5.º es menor que la existente bajo las cabezas de los metas 1.º y 2.º. Con un tacón alto, sólo varía la presión bajo la cabeza del primer meta, donde es mayor que en el talón [20].

Muy importante en el tacón es su superficie, un tacón con poca superficie genera inestabilidad crónica y numerosas lesiones articulares, por todo lo cual debemos siempre recomendar un tacón con una amplia superficie de apoyo (fig. 5). También debe quedar totalmente plano sobre el suelo para que el zapato esté equilibrado.

En cuanto a la puntera del calzado, una puntera ancha que permita extenderse a los dedos al aumentar la altura del tacón provocaría un aumento en la diferencia de presión entre la zona medial y lateral del antepié, mientras que una puntera que oprima los dedos provocará el efecto contrario.

La forma de la puntera influye por tanto en la magnitud y distribución de las presiones máximas. Así, en una puntera cerrada o estrecha la posición de las cabezas de los metas, cambiará respecto al pie descalzo comprimiendo el primer meta en dirección externa y al quinto en dirección interna.

Resumiendo podríamos decir que el aumento de tacón (fig. 10):

- Provoca FX plantar en la articulación tibioperoneoastragalina con acortamiento del tríceps sural.

- Produce flexión de cadera y rodilla, lo cual hace que se incremente la función muscular del cuádriceps.

- Incrementa la dimensión del arco longitudinal interno del pie.

- Incremento del genuvaro, lo que produce un aumento de las fuerzas de compresión medial en la articulación de la rodilla, con el riesgo de osteoartritis que esto supone.

- Incrementa la carga del antepié.

- Disminuye la amplitud del paso.

- Invierte la articulación subastragalina.

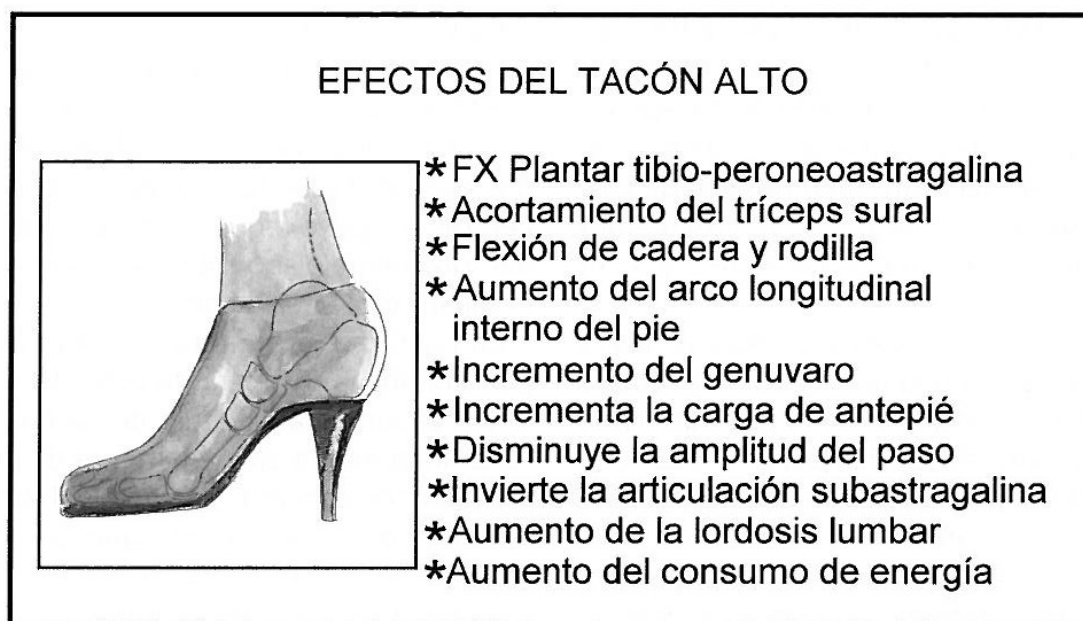


FIG. 10. Repercusiones del aumento del tacón.

— Puede provocar un aumento de la lordosis lumbar.

— Aumenta el consumo de energía, por alterar la función muscular, fundamentalmente del tibial anterior.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CALZADO A LA HORA DE CAMINAR

La longitud

El usuario del zapato debe calzarse ambos pies y comprobar que desde el extremo del dedo más largo hasta el final del zapato resta aún entre 5 y 10 mm [1, 2, 3].

El peso

El peso del calzado está relacionado directamente con el consumo energético de la marcha. Es sencillo observar cómo un pa-

ciente hipotónico camina o corre de manera más fisiológica con un calzado más ligero que con uno más pesado.

El rozamiento

Los factores de diseño que determinan el rozamiento de la suela del zapato con la superficie son fundamentalmente dos:

— Las características del material de la suela [9].

— La geometría de la suela, el dibujo y forma de ésta.

Los materiales de la suela deberán presentar un coeficiente de fricción adecuado a los pavimentos urbanos y, a su vez, resistencia a la abrasión o desgaste de dicho material. En este sentido se ha constatado que, en general, las suelas de goma o poliuretano tienen un buen comportamiento frente al rozamiento, así como un buen coeficiente de fricción y resistencia a la abrasión. Cuanto

mayor sea esta área, mayor será el coeficiente de fricción que puede obtenerse y menor, por tanto, el riesgo de caídas por resbalamiento. En cualquier caso, características del dibujo de la suela como el ancho, la profundidad, la longitud, la forma, la separación entre ranuras y el ángulo que forman respecto al eje del zapato dependerán del tipo de material y de su espesor.

La amortiguación

La percepción normal de las cargas mecánicas actuantes sobre la planta del pie durante la marcha es necesaria para poner en funcionamiento reacciones neuromusculares de las que depende el mantenimiento del equilibrio y la distribución de cargas de impacto [9].

Dependiendo de la magnitud de las sollicitaciones mecánicas actuantes sobre la planta de los pies y de la capacidad neuromuscular

del sujeto para adaptarse a estas sollicitudes respecto al calzado, pueden adoptarse dos estrategias:

- Potenciar los mecanismos naturales de amortiguación.
- Complementar la capacidad de amortiguación natural de los tejidos mediante el diseño de elementos y sistemas incluidos en el calzado.

Lo que nos lleva a actuaciones sobre la suela, el tacón, el corte y la plantilla.

Efectos adversos del calzado sobre la marcha (fig. 11)

Los tacones altos provocan un cambio en la postura, en la distribución y configuración de cargas en el pie y sobre todo en los dedos, que pueden ser comprimidos de manera importante por una puntera estrecha al

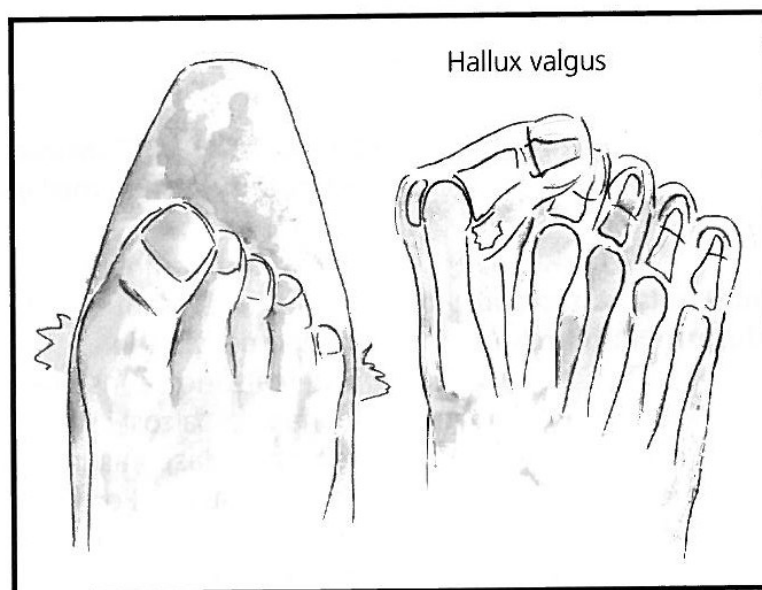


FIG. 11. Hallux valgus.

dejar caer el peso del cuerpo en cada paso, obteniendo como resultado final unas alteraciones dolorosas del antepié y deformidades tales como dedos en garra, dedos en martillo, dedos montados, juanetes, callos, etc. [21].

En Japón, en un estudio sobre el hallux valgus, la Sociedad Ortopédica Japonesa detectó los primeros casos de hallux valgus a partir de 1960 coincidiendo con el aumento del uso del calzado occidental y la tendencia a la baja del uso del calzado típico japonés (sandalia y calzado plano de madera) [22].

En París, en un estudio sobre 600 personas que utilizaban de manera habitual tacón alto, se detectó que un 70,8 % de los casos tenía los pies cavos y les era muy difícil o no podían caminar sin tacones, habiendo disminuido su FX dorsal y aumentado la FX plantar del pie en 8°, con acortamiento del tendón de Aquiles y con el problema añadido de que los cordones o correas utilizadas para que el pie no se salga del calzado puedan provocar tendinitis del tendón de Aquiles o bursitis retrocalcánea [12].

La inestabilidad en el pie hace posible el aumento de esguinces, luxaciones y fracturas en el tobillo, raquis y en las articulaciones de los MMII, y aunque a corto plazo no se produzcan lesiones, a medio y largo plazo el raquis y los MMII sufrirán un deterioro más precoz [21].

Influencia del calzado en la capacidad de amortiguación durante la marcha

La capacidad de amortiguación del impacto del talón contra el suelo se traduce en un mayor confort para el paciente, pero no debemos confundir comodidad con funcionalidad, puesto que existen tacones excesivamente blandos que producen inestabilidad durante la marcha.

El impacto del miembro inferior contra el suelo provoca una onda de choque que se refleja con una fuerza de reacción y se transmite a través del esqueleto hasta la cabeza [23].

La primera «almohadilla» del cuerpo que entra en acción es el talón en el contacto inicial, con una capacidad de absorción de impactos muy elevada. Es importante por tanto, el calzado como amortiguador del impacto del talón (Lafortune y Hennig) [24]. La intensidad del choque viene determinada por factores externos como la velocidad de la marcha, el terreno sobre el que se camina, las plantillas que se pueden llevar dentro del calzado, el propio calzado, etc., además de la propia capacidad para absorber los impactos.

Se ha observado que unas plantillas adecuadas tienen un efecto amortiguador en marchas largas y ayudan a prevenir fatiga, rozaduras, dolor de espalda, etc., comprobándose que el efecto amortiguador registrado de la presión bajo las cabezas de los metas 1°. y 3°. fue de un 60 % sin plantillas y de un 17 % con plantillas en el impacto del pie con el suelo [25].

EL CALZADO MBT (Masai Barefoot Technology) www.mbtspain.com (fig. 12)

No pretendemos hacer publicidad, pero creemos interesante contar alguna cosa de este tipo de calzado.

Este calzado se inspira en los masai, que caminan descalzos y sobre superficies irregulares y blandas, y asumen una postura elegante y erguida. Por lo que intenta reestablecer las condiciones naturales de caminar y estar de pie en una posición erguida.

Caminar con el cuerpo más erguido no sólo proporciona un mejor aspecto a las per-

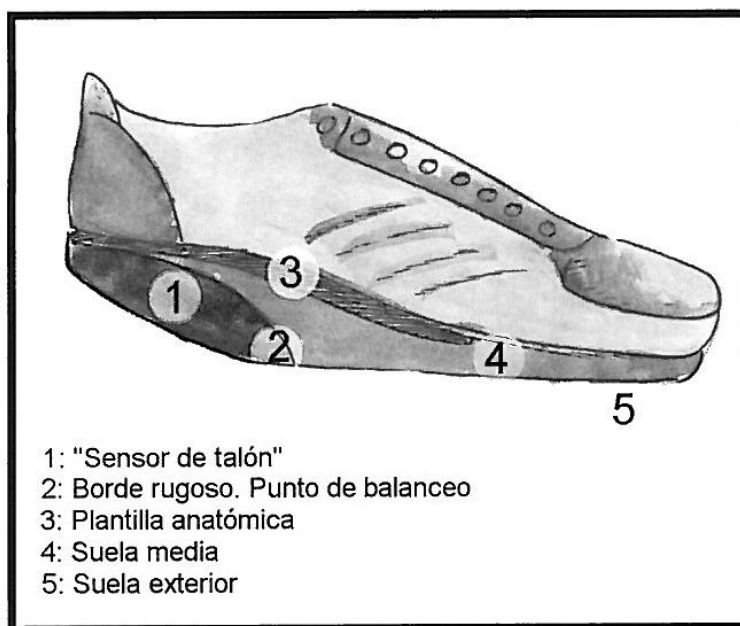


FIG. 12. Calzado MTB.

sonas, sino que es mejor para nuestra columna vertebral ya que respeta más las curvas naturales y por tanto beneficia nuestra salud. La espalda y las articulaciones funcionan mejor y se fortalecen mientras caminamos en esta posición erguida (fig. 13).

Este tipo de calzado imita dichos efectos, tratando de aportar a nuestro cuerpo esos mismos beneficios, y produce la sensación de caminar sobre superficies naturales y blandas. Intenta «engañar» al pie, como si se estuviera caminando sobre la arena de la playa impulsando a trabajar más activamente a los músculos.

El tradicional tacón se sustituye por un «sensor de talón» y una suela oscilante (fig. 14), que obliga a mejorar su equilibrio al caminar y a mantener la columna más recta, erguida y natural de la que normalmente adoptamos al caminar o estar de pie.

Los principios en que se basa este calzado han sido certificados por el Human Performance Laboratory (Laboratorio del Rendi-

miento Humano) de la Universidad de Calgary (Canadá), uno de los mejores centros de investigación del mundo en biomecánica humana [27].

Historia

Un ingeniero suizo (Karl Müller) ha desarrollado el calzado MBT. En un viaje por Asia se dio cuenta de que caminar sobre superficies duras y lisas le producía dolores en la espalda y en las piernas y, sin embargo, al dar largos paseos por un terreno blando (arrozales) mejoraba considerablemente de estos dolores.

Cómo funciona (fig. 15)

La suela multilaminar transforma el tipo de superficie por la que caminamos cada día en otro tipo de superficie, más suave, recreando

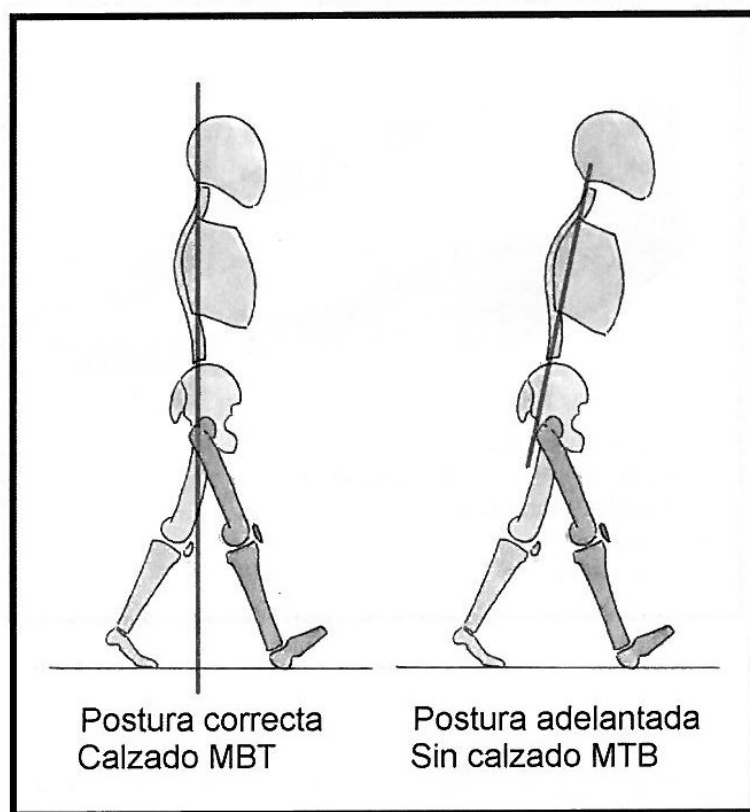


FIG. 13. Alineaciones de raquis con calzado MTB.

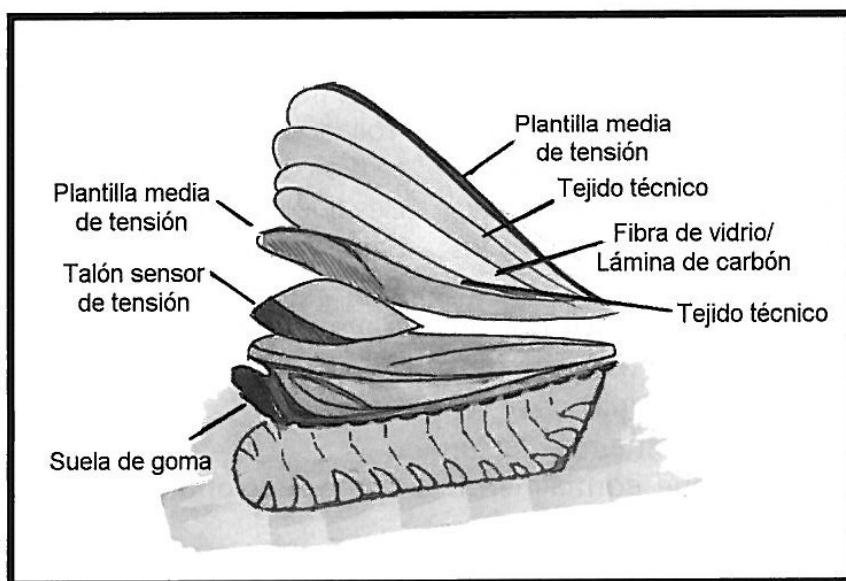


FIG. 14. Suela MTB.

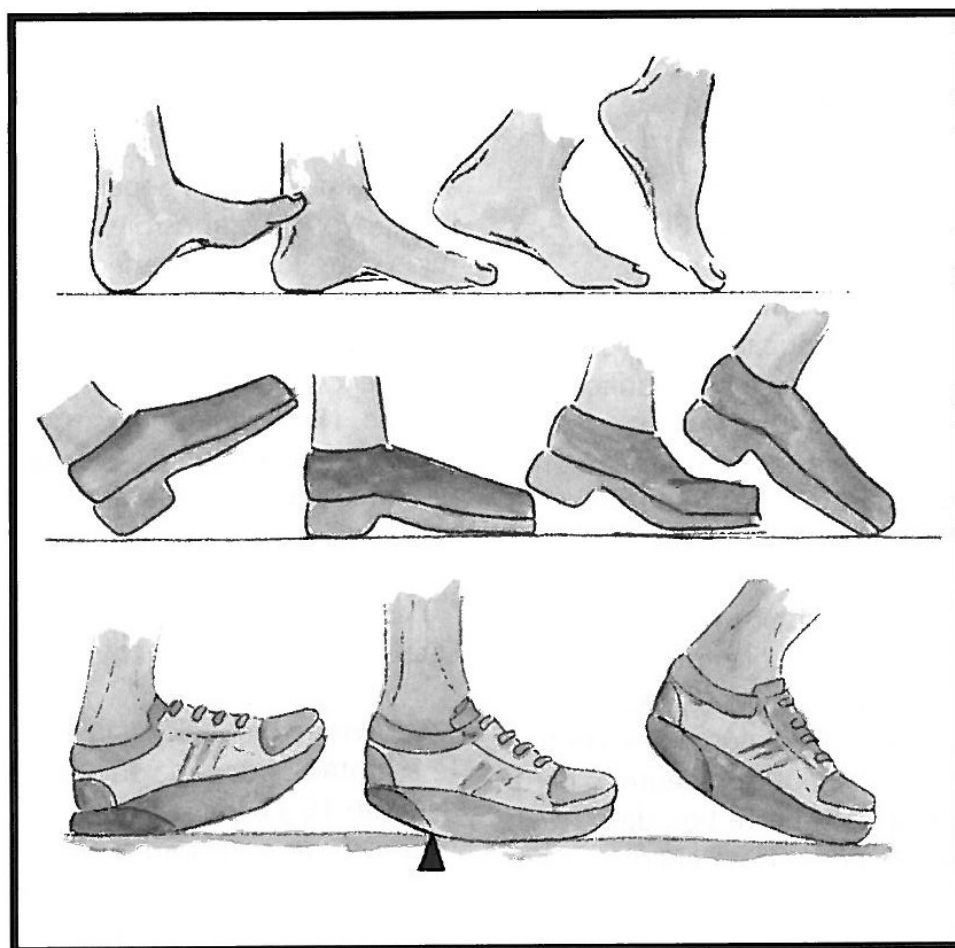


FIG. 15. Marcha descalzo, calzado normal y MTB.

la forma de caminar con los pies descalzos de nuestros antepasados.

A diferencia del calzado convencional, que sólo amortigua y recubre el pie, este tipo de calzado estimula la planta del pie produciendo la misma sensación que si se tiene una pelota bajo la planta del pie.

Son muchos los profesionales y deportistas incluso equipos de la élite deportiva que utilizan y hablan de este tipo de calzado. En deporte y Fitness para obtener un mejor rendimiento numerosos profesionales del área de la salud (médicos, osteópatas, fisioterapeutas, podólogos, etc.) recomiendan el uso de

este calzado como prevención y tratamiento de lesiones articulares, musculares y tendinosas y porque al caminar erguidas las personas, teóricamente se reduce el desgaste de las articulaciones, sobre todo de columna vertebral y de las rodillas.

En el terreno deportivo se considera que puede influir en la mejoría de:

- La coordinación.
- El equilibrio.
- La fuerza y la velocidad.
- El estilo al correr.
- La resistencia.

- La flexibilidad.
- La capacidad de recuperación.
- La prevención de lesiones.

El calzado MBT y el método Pilates

Uno de los objetivos más importantes del Método Pilates es educar el cuerpo para mantener una postura idónea aplicada a cualquier actividad o función diaria. Este tipo de calzado sirve como complemento para conseguir el objetivo de andar derechos [28].

Los monitores de Pilates enseñan a utilizar lo que ellos llaman el cinturón de fuerza. Sólo consiste en saber utilizar los músculos abdominales más profundos (como el transverso del abdomen). Este músculo se contrae bastante bien en una posición neutra o natural de la espalda, y con este tipo de calzado se ayuda a estas personas a encontrar esa posición neutra de la espalda, con lo cual resulta más fácil utilizar este cinturón de fuerza.

TERMINOLOGÍA RELACIONADA CON LA MARCHA

Aceleración. Cambio de velocidad o de dirección del desplazamiento de un cuerpo. Acelerar significa aumentar, lo contrario que frenar.

Amplitud de paso. Progresión hacia delante en el transcurso de un paso. La amplitud de cada apoyo se normaliza con relación a los apoyos del pie derecho, el apoyo del pie izquierdo y del ángulo de paso.

Ángulo de paso. Ángulo existente entre la línea media del pie (eje longitudinal) y la línea de dirección de la progresión (trayectoria

de la marcha). Su valor medio se estima en 15°. Algunos autores lo llaman ángulo del pie.

Anchura de paso. (Base de sustentación o anchura del apoyo.) Separación lateral entre los apoyos de ambos pies. Normalmente se mide entre los puntos medios de los talones. Algunos autores denominan a este concepto anchura de la pisada.

Cadencia. Número de pasos por unidad de tiempo. Normalmente pasos/minuto. Expresada en pasos/segundo, la cadencia es el doble de la inversa de la duración del ciclo o zancada:

$$\text{Cadencia (pasos/seg.)} = 2/\text{duración de zancada.}$$

$$\text{Cadencia (pasos/min.)} = 120/\text{duración de zancada.}$$

Cadencia libre. Velocidad espontáneamente adoptada por cada sujeto (sujetos sanos de entre 18 y 64 años).

Centro de gravedad (CG). Punto móvil o inmóvil que representa el centro de masa del cuerpo. Una vez localizado, es más fácil comprender el movimiento. Cuando el centro de gravedad se eleva con respecto a la base, mejora la estabilidad dinámica. Cuando el centro de gravedad desciende su posición mejora el equilibrio estático, pero reduce la capacidad del equilibrio dinámico.

Centro de presión (CP). Sucesión de los puntos de aplicación de la masa del centro de gravedad en el pie.

Ciclo de la marcha completo o zancada. Se describe como longitud de la pisada por unos autores o paso largo por otros.

Cinemática. Parte de la mecánica que estudia el movimiento prescindiendo de las fuerzas que lo producen. Es el estudio formal de las estructuras móviles. Se ocupa del análisis del desplazamiento de dos elementos idénticos unidos entre sí como, por ejemplo, muslo y pierna unidos por la rodilla. FX.

Cinética. Estudio de las variaciones de aceleración de una masa (energía cinética). Se expresa por $1/2 mv^2$.

Coeficiente de fricción (inicio/deslizamiento/parada). Capacidad de propulsar el cuerpo de las personas hacia delante. La marcha humana necesita un coeficiente de fricción suficiente que proporcione al pie de apoyo sobre una superficie sólida esta capacidad.

Equilibrio. Estado de un cuerpo cuando las fuerzas encontradas que obran en el mismo se compensan anulándose mutuamente (definición mecánica). Es el estado al que se llega cuando una carga aplicada a un cuerpo no desencadena su aceleración. Refiriéndonos a la marcha hablaremos de: 1) equilibrio estático, cuando el equilibrio se corresponde con la definición mecánica, y 2) equilibrio dinámico, cuando existe un equilibrio entre diferentes partes del cuerpo durante el movimiento.

Estabilidad. Firmeza, permanencia, duración en el tiempo y seguridad en el espacio. Tanto mayor, cuanto más grande es la base de sustentación. Demasiada estabilidad puede suponer un obstáculo a la movilidad que necesita el ser humano. No se debe establecer una equivalencia entre estabilidad y equilibrio, sobre todo en la parte dinámica del equilibrio durante la marcha.

Fase de apoyo. Aquella durante la cual el pie está en contacto con el suelo. La fase de apoyo comienza cuando el pie (talón) toma contacto con el suelo y finaliza cuando el antepié pierde contacto con el suelo. El contacto de un talón con el suelo, por ejemplo el izquierdo, se produce cuando el antepié derecho aún sigue en contacto con el suelo.

Fase de apoyo bipodal o doble apoyo. Aquella durante la cual los dos pies están en contacto con el suelo.

Fase de apoyo monopodal (unipodal). Aquella durante la cual sólo un pie está en

contacto con el suelo. El otro pie se encuentra en la fase de oscilación.

Fase de oscilación (fase de pierna oscilante). Aquella durante la cual el pie se encuentra en el aire, avanza y se prepara para el siguiente apoyo. La fase de oscilación (pierna oscilante) tiene lugar desde la pérdida de contacto de un pie con el suelo, hasta que ese mismo pie vuelve a contactar de nuevo con el suelo.

Fuerza de reacción. La que por principio de acción-reacción, ejerce el suelo sobre un sujeto de manera recíproca y contraria al peso y al movimiento ejecutado por dicho sujeto sobre el suelo.

Gravedad (peso). Tendencia de los cuerpos a dirigirse al centro de la tierra, resultado de la tracción terrestre que proporciona el rozamiento necesario para asegurar la propulsión horizontal.

Inercia. Tendencia de los cuerpos para continuar en su estado actual (de reposo o de movimiento).

Ley de Newton Primera (inercia, cuerpos en reposo). La inercia es directamente proporcional a la masa; es necesario desarrollar una fuerza para superar la inercia (los músculos se oponen al peso); cuanto más aumenta la masa, más debe aumentar la fuerza necesaria para la aceleración.

Ley de Newton Segunda (aceleración, cuerpos en movimiento). Si se aplican dos fuerzas de distinta magnitud a dos cuerpos de la misma masa, la fuerza mayor proporcionará una mayor aceleración y la fuerza que acelera el objeto podrá ser interna o externa.

Ley de Newton Tercera (reacción). Toda acción produce una reacción. La reacción del suelo durante el apoyo y rozamiento son fenómenos imperceptibles a simple vista, pero desempeñan un importante papel en la marcha y el equilibrio, ya que la propulsión se basan en estos factores.

Longitud de la zancada. Es la distancia existente entre dos apoyos consecutivos de un mismo pie. Coincide con la suma de longitud de paso derecho + longitud de paso izquierdo. Algunos autores denominan a este concepto longitud de la pisada.

Longitud de paso izquierdo. Distancia existente entre el apoyo inicial del pie derecho y el apoyo inicial del pie izquierdo. Se mide en la dirección de progresión de la marcha.

Longitud de paso derecho. Distancia existente entre el apoyo inicial del pie izquierdo y el apoyo inicial del pie derecho. Se mide en el sentido de la progresión.

Paso pelviano. Fenómeno por el que a cada paso la pelvis gira alrededor de la cabeza femoral y ésta soporta el peso de todo el organismo de la persona, mientras se eleva el pie que estaba en contacto con el suelo.

Relación de zancada. Producto de la amplitud del paso y del período del ciclo de la marcha. La velocidad media de avance y la relación de zancada son otros dos parámetros útiles que se derivan del período y de la amplitud. Cuando la relación de zancada es constante, los demás parámetros sólo varían en función de la velocidad que determina sus valores.

Semipaso. Intervalo que separa el contacto entre el talón de un pie y el del pie contrario.

Tiempo de apoyo de un pie. Equivale a la suma de la fase de monoapoyo de dicho pie y de los dos tiempos de apoyo bipodal. Con respecto a la duración del ciclo de la marcha, la fase de apoyo representa el 60 % frente al 40 % de la fase de oscilación.

Tiempo de paso izquierdo. El transcurrido en la consecución del paso izquierdo. Será equivalente a la suma del tiempo de oscilación izquierda + el tiempo de doble apoyo inmediatamente anterior (que corresponde a la etapa de despegue del pie izquierdo).

Tiempo de paso derecho. El transcurrido en la consecución del paso derecho. Será equivalente a la suma del tiempo de oscilación derecha + el tiempo de doble apoyo inmediatamente anterior (que corresponde a la etapa de despegue del pie derecho).

Valgo. Girado o desviado hacia fuera. En nuestro organismo y referido a las rodillas significa desplazamiento hacia dentro de las mismas. En los pies significa inclinación hacia el dedo gordo.

Varo. Girado desviado hacia dentro. En nuestro organismo y referido a las rodillas significa desplazamiento hacia fuera de las mismas. En los pies significa inclinación hacia el 5.º dedo (borde externo del pie).

Velocidad. Distancia recorrida por el cuerpo en una unidad de tiempo.

Velocidad media. La resultante de la cadencia por la longitud del paso o zancada, con los adecuados cambios de unidades. $Velocidad (m/s) = longitud\ zancada (m) \times cadencia (pasos/min) / 120$.

DISCUSIÓN

Es curioso como los diferentes autores en sus distintos trabajos sobre la marcha humana, parecieran tener líneas diferentes de trabajo, pero de una u otra manera nos van dando ideas sencillas, interesantes y muy prácticas, y sobre todo muy útiles para analizar la marcha de nuestros pacientes y con ello ser mejores en nuestro trabajo.

Entre estas frases interesantes, podemos destacar las siguientes:

V. Dulieu [4]: siempre mantenemos contacto con el suelo.

Ayora M [12]: al hablar de la marcha y del tacón del calzado, las mujeres presentan más alteraciones que los hombres.

Murray y cols. [14]: los tacones altos provocan un aumento de la rotación externa y de la FX plantar del pie.

Michaut E [15]: un tacón alto provoca que todo el tronco se desplace hacia atrás y hacia arriba buscando colocar el centro de gravedad sobre la base de apoyo.

Bhambhani YN [16]: a mayor altura del tacón, vamos a tener una marcha menos estable y menos segura.

Grossiord A [17]: con 6,5 cm de tacón, la FX dorsal del tobillo, de pie descalzo (37°) a con zapatos de tacón (57°) aumentó 20°.

Lateur [18]: no se encuentra una relación clara entre tacón alto y lumbalgia.

Sánchez J [19]: un tacón con la altura adecuada hace aumentar el peso que soporta el antepié.

Murray y cols. [14]: tacón alto más puntera estrecha nos lleva a una menor superficie de apoyo y por supuesto, cierta inestabilidad.

Soames [20]: con un tacón alto sólo varía la presión bajo la cabeza del primer meta, donde es mayor que en el talón.

Yung-Hui L [21]: una puntera estrecha al dejar caer el peso del cuerpo en cada paso ocasiona alteraciones dolorosas del antepié y deformidades como dedos en garra, dedos en martillo, dedos montados, juanetes, callos, etc.

Torburn L [22]: en Japón el aumento del uso del calzado occidental y la tendencia a la baja del uso del calzado típico japonés (sandalia y calzado plano de madera) coincidió con el aumento del hallux valgus.

Ayora M [12]: los pies cavos aparecen más en las personas que utilizan en exceso el tacón alto, y en estas personas disminuye su FX dorsal y aumenta la FX plantar del pie en $\pm 8^\circ$, más acortamiento del tendón de Aquiles y/o bursitis retrocalcánea.

Yung-Hui L [21]: la inestabilidad en el pie hace posible el aumento de esguinces, luxa-

ciones y fracturas en el tobillo, raquis y un deterioro más precoz en los MMII.

Bessou P [23]: el impacto del miembro inferior contra el suelo provoca una onda de choque que se transmite a través del esqueleto hasta la cabeza.

Lafortune y Hennig [24]: la primera «almohadilla» del cuerpo que entra en acción es el talón en el contacto inicial.

Bransby-Zachary: unas plantillas adecuadas tienen un efecto amortiguador en marchas largas y ayudan a prevenir fatiga, rozaduras, dolor de espalda, etc.

CONCLUSIONES

Resumiendo podemos afirmar que las cualidades y características de un buen calzado fisiológico debe permitir:

- Vestir al pie sin deformar la marcha.
- Respetar las modificaciones de los volúmenes del pie en carga, como son el alargamiento y el aplastamiento.
- Respetar la circulación arterial y venosa.
- Permitir el desarrollo normal de cada paso durante la marcha.
- Asegurar el equilibrio estático y dinámico del pie.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez-Lacuesta J, Prat J, Hoyos J, Viosca E, Soler C, Comín M, y cols. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. IBV, Valencia, 1993.
2. Viel E. La marcha humana, la carrera y el salto. Masson, Barcelona, 1998.
3. Plas F, Viel E, Blanc Y. La marcha humana. Masson, Barcelona, 1996.
4. Casillas JM, Dulieu V, Cohen M, Mercer I, Di-

- dier JP. Bioenergetic comparison of a new energy-storing foot and Sach foot in traumatic below-knee or in a vascular amputees. *Arch Phy Med Rehabil* 76: 39-44, 1995.
5. Taillard W, Blanc Y. Anatomie et physiologie de la marche. *Encyclop Med Chir Appareil Locomoteur*, 14010A10: 12 p, 1998.
 6. German A. Análisis de la marcha mediante el protocolo Eliclinic. *El peu*, vol 21, pp 58-70, 2001.
 7. Donatelli RA. The biomechanics of the foot and ankle. 2ª ed. F.A. Davis Company, Philadelphia, 1996.
 8. Hoppenfeld S. Exploración física de la columna vertebral y las extremidades. *Manual Moderno*, México, 1979.
 9. www.podoortosis.com
 10. www.oandp.com
 11. www.solano2000.com
 12. Ayora M. Contribución al análisis paramétrico de la marcha normal: influencia de la cadencia, sexo, edad y morfología de la huella plantar. Universidad Autónoma de Barcelona, 1990.
 13. Snow RE, Williams K, Holmes G. The effects of wearing high heeled shoes on pedal pressure in women. *Foot Ankle* 13 (2): 85-92, 1992.
 14. Murray MP. Instrumented walking aids. *Bull Prosthet Res* 18 (1): 119-124, 1981.
 15. Michaut E, Pelisse F. Possibilités cliniques actuelles des mesures de la marche, application aux amputés. *Med Phys* 6: 157-160, 1983.
 16. Bhambhani YN, Clarkson HM, Gomes PS. Axillary crutch walking. Effects of three training programs. *Arch Phys Med Rehabil* 71: 484-489, 1990.
 17. Grossiord A, Piera JB. Physiologie de le marche humana. En: Grossiord A, Held JP (ed.). *Médecine de rééducation. Flammation Médecine Sciences*, París, 1981.
 18. Lehman JF, Condon SM, De Lateur BJ, Price R. Gait anormalities in peroneal nerve paralysis and their correction by orthoses: a biomechanical study. *Arch Phys Med Rehabil* 68: 763-771, 1987.
 19. Sánchez J, Cornin M, Prat J, Soler C, Dejoz R, Peris JL, Hoyos JV, Vera P. Registro de cargas: plataformas dinamométricas y otras técnicas utilizadas. *Jornada científica sobre biomecánica y patomecánica del pie en el deporte*: 85-93, 1992.
 20. Soames RW, Carter PG, Towle JA. The reumatoid foot during gait. *Biomechanical Measurement in Orthopaedic Practice*. Oxford: Clarendon Press; 1985.
 21. Yung-Hui L, Wei-Hsien H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Appl Ergon* 36 (3): 355-362, 2005.
 22. Torburn L, Perry J, Gronley JAK. Assessment of rearfoot motion: passive positioning, one-legged standing, gait. *Foot and Ankle* 19: 688-693, 1998.
 23. Bessou P, Duput P, Montoya R, Pages B. Simultaneous recording of longitudinal displacements of both feet during human walking. *J Physiol* 83: 102-110, 1998.
 24. Lafortune MA, Henning EM. Cushioning properties of footwear during walking: accelerometer and force platform measurements. *Clin Biomech* 7: 181-184, 1992.
 25. Bransby-Zachary MAP, Stother IG, Wilkinson RW. Peak pressures in the forefoot. *J Bone Joint Surg* 72B: 718-721, 1990.
 26. www.mbtspain.com
 27. calzasano.com
 28. www.bettor-mbt.es

Correspondencia: JOSÉ LUIS MARTÍNEZ GIL. Centro de Fisioterapia. Avda. de Los Pinos 9 bajos. 30009 Murcia. e-mail: jlmgil@telefonica.net