

Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar

Analysis of different methods to evaluate the footprint

Silvia Lara Diéguez, Amador Jesús Lara Sánchez, María Luisa Zagalaz Sánchez, Emilio J. Martínez-López
Universidad de Jaén

Resumen: Los métodos estáticos de obtención y análisis de la huella plantar son una manera útil, más sencilla y menos costosa que los métodos dinámicos para estudiar la estructura del pie. Los métodos dinámicos son más usados para estudiar la funcionalidad del pie. A través de los métodos estáticos se puede dar solución, entre otros problemas, a lesiones de los pies, que puedan repercutir en un futuro en problemas del miembro inferior, o incluso para prescripción de órtesis, etc. En el análisis realizado de la bibliografía se ha observado que existen diferentes métodos de análisis de la huella plantar, a través de impresiones de la misma, a través de imágenes digitalizadas, etc. El objetivo de este trabajo ha sido realizar un análisis de los criterios de utilización de estos métodos de análisis estático de la huella. Para concluir, los métodos estáticos presentan ciertas ventajas sobre los dinámicos, no obstante, el estudio dinámico aporta información más precisa.

Palabra clave: biomecánica, morfología, pie, impresión plantar, métodos estáticos.

Abstract: Static methods are a useful tool to analyze the footprint, more simple and less expensive than the dynamic methods to study the structure of the foot. Dynamic methods are often used to study foot's functionality. Through static methods we can provide a solution, among other problems like foot injuries, which could impact on future lower limb problems, or even to prescribe orthotics, etc. The aim of this study is to perform an analysis criteria for these methods of static analysis of the footprint. To conclude, static methods give more advantages over the dynamics, however they could provide specific information.

Key words: biomechanics, morphology, foot, footprint, static methods.

1. Introducción

Al estudiar el aparato locomotor, el pie merece un análisis detallado y profundo, ya que es la base de nuestro cuerpo por ser el único contacto que tenemos con la superficie de apoyo. En este sentido, algunos autores, como Viladot (2000) lo han estudiado (Viladot, 2000). Este autor expone que el pie es una estructura tridimensional variable, base del mecanismo antigravitatorio y constituye una pieza fundamental para la posición bipodal y la marcha humana.

La funcionalidad del pie humano está claramente influenciada por su estructura, sobre todo por la conformación de su arco interno (McCrorry, Young, Boulton y Cavanagh, 1997; Shiang, Lee, Lee, y Chu, 1998; Menz y Munteanu, 2005; Torrijos, Abián-Vicén, Abián y Abián, 2009), ya que gracias a la forma cupular (Hernández, 1989; Kapandji, 1998; Viladot, 2000) de la bóveda plantar y sus puntos de apoyo en talón y metatarsianos, es capaz de soportar todo el peso de nuestro cuerpo sin hundirse. Además, la altura del arco longitudinal interno tiene influencia sobre otras estructuras del cuerpo, como la espalda (Hernández, 1989; Gómez, 2003) o la movilidad de toda la extremidad inferior (Menz y Munteanu, 2005).

El pie tiene una función tanto estática como dinámica, pero durante la marcha, la función estática supera a la dinámica (Escobar, 2007). Así, la primera fase se desarrollaría durante el primer 60% de la marcha mientras que la fase de balanceo o dinámica tendría lugar durante el 40% restante. Este trabajo solamente se va a centrar en el estudio de los métodos de análisis estáticos.

Esta revisión se ha realizado con la intención de mostrar que existe una manera clara y sencilla de estudiar la morfología podal, con intención de poder prevenir ciertas lesiones prescribiendo órtesis, clasificar un tipo de pie y observar sus posibles consecuencias en el resto del cuerpo y a partir de ahí, poder aplicar estos conocimientos a deportistas bien como prevención de lesiones derivadas de los pies o como simple clasificación de la estática de los mismos.

Para realizar la búsqueda se ha utilizado la base de datos Pubmed, la base de datos de la Universidad de Jaén con sus revistas adscritas y en la de la Universidad Complutense de Madrid (septiembre 2009-marzo 2010). Los términos introducidos para realizar la búsqueda han sido los

siguientes: footprints, methods AND footprint, foot biomechanics, foot morphology, foot AND sport, foot evaluation, female sport and foot.

2. Métodos de análisis y obtención de la huella plantar

Según Howard y Briggs (2006), así como Elvira, Vera-García, Meana y García (2008a), las mediciones del pie se suelen hacer con la intención de prescribir órtesis o ayudar en el descubrimiento de factores de riesgo y lesiones deportivas o de otro tipo. Existe una gran cantidad de métodos para cuantificar la huella plantar y establecer una clasificación del tipo de pie (Tabla 1), pero muchos no están aceptados ni validados (Razeghi y Batt, 2000). Estos mismos autores, Howard y Briggs (2006) y Elvira et al. (2008a), al igual que Murley, Menz y Landorf (2009), dividen los métodos de análisis en las siguientes categorías:

- Inspección visual no cuantitativa: exploración visual, uso del podoscopio, valoración de la pronación o supinación del pie por inspección, etc. Para realizar un análisis en función de este tipo de inspección se ha de tener una experiencia clínica considerable, ya que son métodos muy subjetivos que pueden llevar a errores metodológicos a un investigador novel. Dichos métodos son útiles para aportar idea de la estructura o el tipo de pie.

- Valoración antropométrica: mediante referencias óseas marcadas a través de la piel como la altura del escafoides, el ángulo tibio-calcáneo o el ángulo del retropie.

- Parámetros recogidos de la huella plantar: Arch Index o índice del arco (IA), índice del arco modificado (IAM), ángulo del arco, índice de la huella, índice del arco truncado, índice de la longitud del arco, etc.

- Evaluación radiográfica: ángulo de inclinación del calcáneo y ángulo entre el calcáneo y primer metatarsiano. Otros autores, consideran también la línea de Feiss (Baker y Bell, 1991) o ángulo de Costa-Bartani (Salazar, 2007) como otros parámetros a incluir en este método.

Así mismo, se han descrito los siguientes métodos:

2.1. Valoración antropométrica

Se incluye en este tipo de valoración las realizadas a través de referencias óseas marcadas sobre la piel, como por ejemplo la medición del ángulo tibio-calcáneo (ATC) con goniómetro (Viladot, 2000; Albert, 2009) (Figura 1), la altura del escafoides (AE) respecto al suelo y la altura del dorso del pie. Esta última también ha sido usada como medida para caracterizar el arco plantar (Cowan, Jones y Robinson 1993; Williams y McClay, 2000) y se define como la longitud más alta del dorso del pie

Tabla 1: En esta tabla se encuentra los métodos de análisis y obtención de la huella plantar más comúnmente utilizados, así como los autores que los han empleado y las ventajas e inconvenientes que pueden reportar cada uno (ATC: ángulo tibio-calcáneo; IA: índice del arco).

MÉTODOS DE ANÁLISIS	AUTOR/ES (AÑO/S)	PARÁMETRO MEDIDO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Inspección visual no cuantitativa	Cavanagh y Rodgers (1987).	Forma del pie por observación visual.	Rápido y útil.	Subjetivo, necesidad mucha experiencia examinador.
Ángulo tibio-calcáneo (ATC) con goniómetro	Viladot (2000) y Albert (2009).	Ángulo entre la tibia y el calcáneo.	Sencillez, determina pie valgo o varo.	Subjetivo, necesidad mucha experiencia examinador.
Altura del dorso del pie	Cowan, et al. (1993); Williams y McClay (2000).	Longitud más alta del dorso del pie tomada al 50% de la longitud real del pie.	Válido.	Subjetividad.
Altura del escafoides: palpación directa	Chu et al. (1995); Saltzman et al. (1995).	Medición tubérculo escafoides hasta el suelo para determinar medida ángulo interno.	Rápido, sencillo, no riesgo para los participantes.	Subjetivo, basado en medida estática.
Caída del escafoides	Sachithanandam y Joseph (1995); Shrader et al. (2005); Howard y Briggs (2006); Billis et al. (2007); Nielsen et al. (2008); Razeghi y Batt (2000).	Medida desde tuberosidad escafoides en descarga y después en apoyo bipodal.	Rápido, sencillo, no riesgo para los participantes.	Subjetivo, basado en medida estática.
Altura del escafoides normalizada	Williams y McClay (2000); Menz y Munteanu (2005); Scott et al. (2007); Nielsen et al. (2008).	Altura del escafoides entre longitud total del pie.	Rápido, sencillo, no riesgo para los participantes.	Subjetivo, basado en medida estática.
Altura del escafoides truncada	Cowan et al. (1993); Saltzman et al. (1995); Kaufman et al. (1999); Williams y MacClay (2000); Menz y Munteanu (2005); Murley et al. (2009).	Altura del escafoides entre la longitud truncada de la huella.	Proporciona la representación más válida del esqueleto óseo del pie.	Subjetividad.
Índice del Arco (IA)	Cavanagh y Rodgers (1987); Hamil et al. (1989); McCrory et al. (1997); Nikolaidou y Boudolos (2006).	Proporción entre las áreas de contacto de las diferentes partes de la huella plantar excluyendo los dedos.	Medida útil y un predictor válido de la altura del arco interno del pie.	Errores al determinar la superficie del pie.
Índice de la impresión del pie	Redmon et al. (2006); Redmon et al. (2008).	Método observacional de clasificación de la postura estática del pie.	Rápido y sencillo, toma datos de la huella plantar impresa.	Necesidad de experiencia previa por parte del examinador, destreza manual para la palpación y subjetividad.
Método de Hernández Corvo	Hernández (1989); Sirgo y Aguado (1991); Sirgo et al. (1997); Abián et al. (2005); López et al. (2006); Zurita et al. (2006); Abián et al. (2008); Aguilar et al. (2009).	Tipificar el pie según unas medidas que se realizan en base a la impresión plantar.	Buena precisión, tanto en la realización como en la clasificación del tipo de pie.	Basado en medida estática.

tomada al 50% de la longitud real del pie (desde la parte más posterior del calcáneo hasta la parte final del dedo más largo).

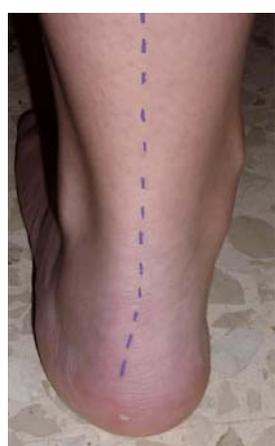


Figura 1: Marcación del ATC

Respecto a la altura del escafoides, puede ser medida para determinar la altura del arco longitudinal interno, ya que su prominencia es el punto más alto del mismo (Kapandji, 1998; Razeghi y Batt, 2000; Viladot, 2000; Schünke, Schulte, Schumacher, Voll y Wesker, 2008). Se puede realizar por métodos radiográficos, como hacen McCrory et al. (1997), Menz y Munteanu (2005), Redmon, Crosbie y Ouvrier, (2006) o Murley et al. (2009), o bien manuales. Medido sobre placas radiográficas, es el método clínico usado más directo para determinar la altura del arco (Chu, Lee, Chu, Wang y Lee, 1995; Shiang et al., 1998). No obstante, tiene la desventaja de la

exposición de los participantes a la radiación, el alto coste y los posibles problemas debidos a la propia técnica de radiografía. Otras formas de medir la altura del escafoides son:

-La medición de la altura del escafoides a través de la palpación directa (Figura 2), como describen Chu, et al. (1995) y Saltzman, Nawoczenski y Talbot (1995), tiene también sus ventajas e inconvenientes. Dentro de las ventajas estarían que es un método rápido de usar, sencillo y no presenta ningún tipo de riesgo para los participantes. En cambio, los inconvenientes son que es un método subjetivo, ya que se realiza



Figura 2: marcación del escafoides por palpación

una marca ósea sobre la piel, que está basado en una medida estática sin tener en cuenta el comportamiento dinámico del pie (Razeghi y Batt, 2000) y que necesita de experiencia del examinador (Shiang et al. 1998), aunque se ha demostrado que tiene correlación ($r = -0,70$) con el IA (Chu et al., 1995) y una alta fiabilidad interestest (0,98) e intratest (0,99) respecto a métodos como el IA y el ángulo de la huella (Hawes, Nachbauer, Sovak y Nigg, 1992).

-Tomando como referencia la tuberosidad del escafoides existe otra medida, la caída del escafoides, que tiene como objetivo medir la tuberosidad más prominente del escafoides en descarga y, posteriormente, en apoyo bipodal con el 50% del peso del cuerpo (Razeghi y Batt, 2000). Algunos autores han estudiado esta variable en sus trabajos, como Sachithanandam y Joseph (1995); Shrader, Popovich, Gracey y Danoff, (2005); Howard y Briggs (2006); Billis, Katsakiori, Kapodistrias y Kapreli, (2007) y Nielsen et al. (2008).

-La altura del escafoides normalizada. Se obtiene midiendo la altura del escafoides y dividiéndola entre la longitud total del pie, desde la parte más posterior del talón, a la más anterior de los dedos (Williams y McClay, 2000; Menz y Munteanu, 2005; Scott, Menz y Newcombe, 2007; Nielsen et al., 2008).

-La altura del escafoides truncada. Se calcula dividiendo la altura del escafoides entre la longitud truncada de la huella, es decir, la longitud de la impresión plantar exceptuando los dedos, que coincide con la articulación metatarsofalángica (Cowan, Jones y Robinson, 1993; Saltzman et al., 1995; Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson y Cullison, 1999; Williams y MacClay, 2000; Menz y Munteanu, 2005; Martínez-López, Lara, Cachón y Rodríguez, 2009; Murley et al., 2009). Saltzman et al. (1995), McCrory et al. (1997) y Murley et al. (2009), encontraron que esta medida del escafoides es la que ha presentado mayor

correlación con las medidas angulares tomadas por radiografía. Menz y Munteanu (2005) afirman que proporciona la representación más válida del esqueleto óseo del pie.

Murley et al. (2009) proponen como medidas normales de la altura del escafoides entre 0,22-0,31 cm, pero no existe un protocolo de clasificación para los distintos tipos de pie. Cowan et al. (1993), recoge la altura del escafoides medida de forma manual y su correspondencia con el tipo de pie que observó:

- Plano: 2,72 - 4,08 cm
- Normal: 4,09 - 5,08 cm
- Cavo: 5,09 - 6,05 cm

2.2. Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos de medida del arco plantar, como las radiografías del pie, han sido y son muy usados (Cowan et al., 1993; Cavanagh et al., 1997; McCrory et al., 1997; Nawoczenski, Saltzman y Cook, 1998; Williams y MacClay, 2000; López, Alburquerque, Santos, Sánchez y Domínguez, 2005; Menz y Munteanu, 2005; Billis et al., 2006; Murley et al., 2009) ya que constituyen una importante ayuda en la evaluación de las características morfológicas del pie y también proporcionan información para valorar los riesgos de lesiones en jóvenes adultos físicamente activos. Son considerados como medidas de oro por Saltzman et al. (1995) pero son más costosos y pueden tener algún perjuicio para los participantes como la exposición a la radiación (Chu et al., 1995; Shiang et al., 1998). La radiografía se usa tanto como método de obtención de la huella como método de análisis de la misma.

2.3. Índice del Arco

El IA, descrito por Cavanagh y Rodgers (1987), es una medida útil y un predictor válido de la altura del arco interno del pie. Según Nikolaidou y Boudolos (2006) es uno de los parámetros de la huella plantar más citados en la literatura. Además, demuestran que, comparado con el resto de mediciones que usan, es el que proporciona menos casos de pies sin clasificar. McCrory et al. (1997) demostraron su validez para evaluar y además explicar el 50% de la varianza de la altura del arco interno. Con medidas cuantitativas demuestra buenas correlaciones con la altura del arco longitudinal del pie (Shiang et al., 1998). En concreto, demostraron una fuerte asociación con la altura del escafoides medida en base a una radiografía ($r = 0,67$). Howard y Briggs (2006) estipulan que es una alternativa de cuantificación de la estructura del pie en posición de reparto de cargas, es decir, en estancia bipodal normal. Otros autores que también han usado el IA en sus estudios, han sido Hamil, Bates, Knutzen y Kirpatrick (1989) para determinar por ejemplo la correlación entre las medidas estáticas y las dinámicas ($r = 0,95$); que Igbigbi y Msamati (2002) encontraron una correlación de $r = 0,96$ medida en el mismo día del IA; además de otros como Aydog et al. (2005a); Aydog, Tetik, Demirel y Doral (2005b); Scott et al. (2007); Murley et al. (2009) o Castro, Rebelatto, Aurichio y Greve (2010).

El IA está definido como «la proporción entre las áreas de contacto de las diferentes partes de la huella plantar excluyendo los dedos». Para dividir el pie en tres partes iguales se tiene que tomar primero el eje axial

$$IA = \frac{B}{A + B + C}$$

Ecuación 1: ecuación para hallar el Índice del Arco (Cavanagh y Rodgers, 1987).

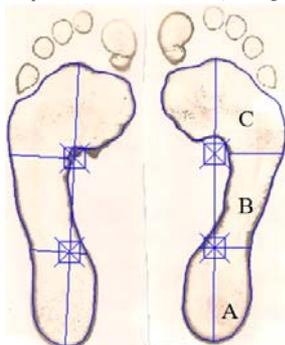


Figura 3. Medición del índice del Arco.

del pie, que es una línea que va desde el centro del talón hasta lo más alto del segundo dedo. El IA se mide como la proporción del área del medio pie entre la superficie total del pie exceptuando los dedos (Figura 3). Así, se obtienen los siguientes valores que determinan el tipo de pie según los centímetros cuadrados (Ecuación 1):

- Pie cavo se considera cuando $IA > 0,21$
- Pie normal está comprendido entre $0,21 < IA < 0,26$
- Pie plano se considera cuando $IA > 0,26$.

Este indicador ha sido estudiado en profundidad. McCrory et al. (1997) han demostrado su correlación con la altura del escafoides ($r = 0,67$), y con la altura del escafoides normalizada ($r = 0,71$). Esta normalización se realiza en función de la longitud del pie medida en placa radiográfica. Para Murley et al. (2009) se consideran valores normales entre 0,11 y 0,25 cm².

2.4. Índice del Arco Modificado

Chu et al. (1995) describieron un método alternativo al IA, denominado Índice del Arco Modificado (IAM). Basándose en el IA original de Cavanagh y Rodgers (1987), incluye datos de presiones plantares según la superficie de contacto. Chu et al. (1995) comprobaron que tiene mayor reproducibilidad y menor subjetividad que el IA, aunque describen que el IA es capaz de analizar huellas de pies cavos extremos, algo que otros métodos no consiguen. No obstante, el material para utilizar este método es más costoso, ya que se necesita una plataforma para registrar las presiones.

2.5. Ángulo de Clarke

El ArchAngle, ángulo de la huella o ángulo de Clarke (Clarke, 1933) se basa en calcular un ángulo formado por la línea que tangente a las dos zonas más salientes de la parte interna de la huella, con la línea que une el punto más interno del antepié y el punto que se encuentra en la parte más pendiente del arco que coincide con la zona metatarsal. El ángulo de Clarke representa un coeficiente de fiabilidad de 0,97 computado por test duplicado. Como limitaciones presenta una gran dificultad a la hora de colocar la línea B, además de no poseer normas establecidas para la clasificación de los datos y no poder puntuar los tipos de pie extremos (Clarke, 1933).

2.6. Índice de la Impresión del Pie

El método del Índice de la Impresión del Pie o Footprints Index (FPI) es un método observacional de clasificación de la postura estática del pie. Fue desarrollado por Redmon et al. (2006), y modificado dos años después por Redmon, Crane y Menz (2008). El primer método constaba de seis criterios observacionales y el modificado, consta de 8 criterios evaluados en posición bipodal relajada, cuyos resultados varían entre -16 (pie supinado) hasta +16 (pie pronado):

1. Palpación de la cabeza del astrágalo.
2. Curvatura inframaleolar y supramaleolar del maleolo peroneo o lateral.
3. Línea de Helbing.
4. Alineación del calcáneo en el plano frontal (es decir, medición del ángulo tibio-calcáneo).
5. Prominencia en la región de la articulación astragaloescafoidea.
6. Congruencia del arco longitudinal medial.
7. Congruencia del borde lateral del pie.
8. Abducción / aducción del retropié respecto al antepié.

Algunos autores, como Shiang et al. (1998); Menz y Munteanu (2005); Cain, Nicholson, Adams y Burns, (2007); Scott et al. (2007) o Castro et al. (2010) han utilizado este método para sus estudios. No obstante, Redmon et al. (2006) consideran que presenta algunas limitaciones, como son la necesidad de experiencia previa por parte del examinador, destreza manual para la palpación y la objetividad propia de un método observacional. En cuanto a la predicción de los movimientos del mediopie durante la marcha, se ha comprobado que el FPI es un indicador pobre. Así, ha llegado a proponerse que la simple evaluación visual del mediopie y de la eversión/inversión de calcáneo son similares a éste modelo (Nielsen et al., 2008).

2.7. Altura del Dorso del Pie

La altura del dorso del pie también ha sido usada como medida para caracterizar el arco plantar (Cowan et al., 1993; Williams y MacClay, 2000). Se define como la longitud más alta del dorso del pie tomada al 50% de la longitud real del pie (desde la parte más posterior del calcáneo hasta la parte final del dedo más largo).

2.8. El método de Hernández Corvo

El método de Hernández Corvo (HC) (Hernández, 1989), consiste en tipificar el pie según unas medidas que se realizan en base a la impresión plantar. Presenta una buena precisión, tanto en la realización como en la clasificación del tipo de pie, que va desde el pie plano hasta el pie cavo extremo (Sirgo y Aguado, 1991; Sirgo, Méndez, Egocheaga, Maestro y Del Valle, 1997; Abián, Alegre, Lara, Jiménez y Aguado, 2005; López, Meana, Vera y García, 2006; Zurita, Martínez y Zurita, 2006; Abián, 2008; Aguilar, Calahorro y Moral, 2009). El procedimiento consiste en: marcar dos puntos, en las prominencias más internas de la huella (1 y 1'). Una vez hecho esto, se realiza el «trazo inicial» que es el que une ambos puntos. Después se marca otro punto en la parte más anterior de la huella (incluyendo los dedos) y en la parte más posterior otro (2 y 2'). Se trazan perpendiculares a estos últimos puntos respecto al trazo inicial. La distancia entre este trazo y el punto 1 es la «medida fundamental» y se ha de trasladar tantas veces como quepa en el trazo inicial (3, 4 y 5). Se traza una perpendicular a la línea 3, pasando por la parte más externa de la huella; otra perpendicular a 4 y otra a 5 pasando también por la parte más externa (6, 7 y 8 respectivamente). La distancia entre el trazo inicial y 6 es X (ancho del metatarso); la distancia entre 9 y 7 es Y (arco externo, superficie de apoyo mediopié) (Figura 4).

Con las medidas resultantes y utilizando la Ecuación 2 se puede obtener el tipo de pie según el método de Hernández Corvo (1989).

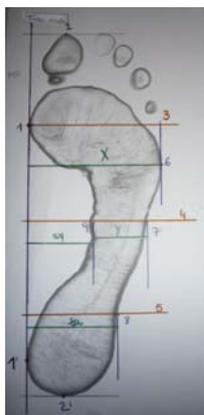


Figura 4. Evaluación de la huella plantar según el protocolo de Hernández Corvo (1989)

$$HC(\%) = \frac{(X - Y)}{X} \cdot 100$$

Ecuación 2. Ecuación de Hernández Corvo (1989) para evaluar el tipo de pie (0-34%: Pie plano; 35-39%: Pie plano/normal; 40-54%: Pie normal; 55-59%: Pie normal/cavo; 60-74%: Pie cavo; 75-84%: Pie cavo fuerte; 85-100%: Pie cavo extremo).



Figura 5. Resultado final de la imagen

2.9. Fotopodograma

En otro sentido, como método de obtención de la huella plantar, Viladot (2000) propone el fotopodograma (Figura 5). Este método ha sido utilizado por numerosos autores (Clarke, 1933; Cavanahg y Rodgers, 1987; Sirgo y Aguado, 1991; Aguado, Izquierdo y González, 1997; McCrory et al., 1997; Sirgo et al., 1997; Abián et al., 2005 y 2008; López et al., 2006; Redmon et al., 2006 y Elvira et al., 2008a y 2008b). Este método permite obtener un contorno objetivo de la porción del pie que se apoya, aportando una buena impresión de la huella sin ensuciar la planta del pie con tintas. Puede orientar sobre las presiones de la huella de una manera superficial. Además, ofrece la posibilidad de evaluación del tipo de pie. Por último, permite seguir de manera objetiva la evolución de las malformaciones podológicas. El uso de este método de evaluación de la huella plantar tiene ventajas como su bajo coste y su facilidad de uso. No obstante, también tiene desventajas, como que no aporta datos cuantitativos y la posibilidad de error en cualquiera de los momentos por los que pasa el análisis de la huella (Chu et al., 1995). Una de las cosas más importantes por las que se aconseja utilizar este

método, tiene que ver con la afirmación de Razezghi y Batt (2000). Estos autores consideran que este método de obtención de la huella plantar es un método útil para clasificar el tipo de pie en diferentes grupos, algo que otros métodos no son capaces de hacer.

2.10. Pedígrafo

El uso del pedígrafo también es frecuente en la práctica clínica. Consiste en pisar sobre un dispositivo de goma impregnado en tinta bajo el cual hay un papel que tras la pisada se impregna de la tinta y señala la huella plantar (Gómez, 2003).

3. Consideraciones finales

Los métodos de medición estáticos sirven para clasificar el tipo de pie y están basados como su propio nombre indica en características morfológicas estáticas. No obstante, estas técnicas no proporcionan relación entre las variables estructurales y los comportamientos biomecánicos anormales del pie durante la fase dinámica. Es útil el estudio de este aspecto estático para obtener asociaciones entre el tipo de pie y las lesiones que tenga el paciente o para prevenirlas, realizar clasificaciones del tipo de pie según una disciplina deportiva practicada, prescribir el uso de órtesis, etc. Pero el estudio dinámico puede aportarnos información más específica. Para este último análisis se utilizan sobre todo las plataformas de presiones y de fuerzas que toman diferentes imágenes durante la marcha o la carrera. Así mismo, estas plataformas registran el tiempo de contacto del pie, pico máximo de presión, la fuerza máxima y mínima, el área de contacto, etc (Putti, Arnold y Abboud, 2009).

4. Aplicaciones prácticas

El estudio de la huella plantar es interesante en muchos ámbitos, en concreto en el mundo del deporte porque se puede usar para confirmar que la práctica de actividad provoca cambios en la morfología de los pies, los vuelve más homogéneos, a la vez que se caracteriza un tipo de pie según la disciplina que se practique. Se puede usar en ámbito sanitario para prevenir lesiones en niveles superiores al tener controlada y tratada sus posibles patologías, y para prevenir lesiones asociadas a un tipo de pie en concreto.

Éstas son algunas de las aplicaciones prácticas del estudio de la huella plantar, pero puede tener otras muchas más, por ejemplo para prescribir órtesis, etc.

Como futuras líneas de investigación proponemos, por ejemplo, el estudio dinámico de la huella plantar y realizar alguna comparativa con los métodos estáticos. Otra línea sería estudiar la huella en dos deportes concretos durante un período de tiempo largo y observar los cambios en la misma.

5. Bibliografía

- Abián, J. (2008). *Biomecánica del vendaje funcional preventivo de tobillo: elástico vs no elástico*. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla la Mancha. Toledo.
- Abian, J., Alegre, L. M., Lara, A. J., Jiménez, L. & Aguado, X. (2005). Fuerzas de reacción del suelo en pies planos y cavos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 108, 285-292.
- Aguado X., Izquierdo, M., & González, J. L. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León: Universidad de León.
- Aguilar, J., Calahorro, F. & Moral, J.E. (2009). La condición física y el entrenamiento: objetivos y principios. *Trances*, 1 (5), 222-233.
- Albert, C. (2009). Pie plano infantil. Tratamiento conservador y postquirúrgico. *III Documento: Sociedad Española de Fisioterapia en Pediatría*.
- Aydog, S. T., Özçakar, L., Tetik, O., Demirel, H. A., Hasçelik, Z. & Doral, M. N. (2005a). Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts: a preliminary study. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 13. Disponible en <http://www.bjsportmed.com/cgi/content/full/39/3/e13> [Consulta: 2009, 12 septiembre]

- Aydog, S. T., Tetik, O., Demirel, H. A. & Doral, M. N. (2005b). Differences in sole arch indices in various sports. *British Journal of Sport Medicine*, 39, e5. Disponible en <http://www.bjsportmed.com/cgi/content/full/39/2/e5> [Consulta: 2009, 12 septiembre]
- Billis, E., Katsakiori, E., Kapodistrias, C. & Kapreli, E. (2006). Assessment of foot posture: correlation between different clinical techniques. *The Foot*, 17, 65-72.
- Baker, M. D. & Bell, R. E. (1991). The role of footwear in childhood injuries. *Pediatric emergency care*, 7 (6), 353-5.
- Cain, L. E., Nicholson, L. L., Adams, R. D. & Burns, J. (2007). Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 311-319.
- Castro, A. P., Rebelatto, J. R., Aurichio, T. R. & Greve, P. (2010). The influence of arthritis on the anthropometric parameters of the feet of older women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 50 (2), 136-139.
- Cavanagh, P. R. y Rodgers, M. M. (1987). The arch index: a useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*, 20, 547-551.
- Cavanagh, P. R., Morag, E., Boulton, A. J., Young, M. J., Deffner, K. T. & Palmer, S. E. (1997). The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *Journal of Biomechanics*, 30 (3), 243-250.
- Chu, W. C., Lee, S. H., Chu, W., Wang, T. J. & Lee, M. C. (1995). The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 42 (11), 1088-1092.
- Clarke, H. (1933). An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Research Quarterly*, 4, 99-107.
- Cowan, D. N., Jones, B. H. & Robinson, J. R. (1993). Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Archives of Family Medicine*, 2, 773-777.
- Elvira, J. L. L., Vera-García, F. J., Meana, M. & García, J. A. (2008a). Análisis Biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. Relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantares. *European Journal of Human Movement*, 20, 41-60.
- Elvira, J. L. L., Vera-García, F. J. & Meana, M. (2008b). Subtalar joint kinematic correlations with footprint arch index in race walkers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48 (2), 225-234.
- Escobar, C. (2007). *Análisis comparativo de la cinemática entre hombre y la mujer*. Disponible en: http://www.efisioterapia.net/certamen2007/imprimir.php?id_texto=258 [Consulta: 2009, 5 septiembre]
- Gómez, A. (2003). *Repercusión de la manipulación de una disfunción osteopática de iliaco posterior sobre la morfología de la huella plantar*. Tesis para la obtención del Diploma en Osteopatía. Escuela de Osteopatía de Madrid. Madrid.
- Hamill, J., Bates, B. T., Knutzen, K. M. & Kirpatrick, G. M. (1989). Relationship between selected static and dynamic lower extremity measures. *Clinical Biomechanics*, 4, 217-225.
- Hawes, M. R., Nachbauer, W., Sovak, D. & Nigg, B. M. (1992). Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot & Ankle*, 13, 22-26.
- Hernández, R. (1989). *Morfología funcional deportiva*. México D.F: Editorial Paidotribo.
- Howard, J. S. & Briggs, D. (2006). The arch-height-index measurement system: a new method of foot classification. *Athletic Therapy Today*, 11 (5), 56-57.
- Igbigbi, P. S. & Msamati, B. C. (2002). *The footprint ratio as a predictor of pes planus: a study of indigenous malawians*. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 41 (6), 394-397.
- Kapandji, I. A. (1998). *Fisiología articular* (Tomo 2). Madrid: Editorial Panamericana.
- Kaufman, K., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson, C. W. & Cullison, T. R. (1999). The Effect of Foot Structure and Range of Motion on Musculoskeletal Overuse Injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 27, 585. Disponible en <http://ajs.sagepub.com/content/27/5/585> [Consulta: 2009, 15 septiembre]
- López, N., Alburquerque, F., Santos, M., Sánchez, M. & Domínguez, R. (2005). Evaluation and analysis of the footprint of young individuals. A comparative study between football players and non-players. *European Journal of Anatomy*, 9 (3), 135-142.
- López, J. L., Meana, M., Vera, F. J. & García, J. A. (2006). Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. *Cultura, ciencia y deporte*, 3 (2), 21-26.
- Martínez-López, E.J., Lara, A.J., Cachón, J. & Rodríguez, I. (2009). Characteristics, frecuencies and type of physical exercise practiced by the adolescents. Special attention to the obese pupil. *Journal of Sport and Health Research*, 1 (2), 88-100.
- McCrory, J. L., Young, M. J., Boulton, A. J. M. & Cavanagh, P. R. (1997). Arch index as a predictor of arch height. *The Foot*, 7, 79-81.
- Menz, H. B. & Munteanu, S. E. (2005). Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35, 479-486.
- Murley, G. S., Menz, H. B. & Landorf, K. B. (2009). A protocol for classifying normal and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *Journal of Foot and Ankle Research*, 2, 22. Disponible en <http://www.jfootankleres.com/content/2/1/22> [Consulta: 2009, 21 septiembre]
- Nawoczenski, D. A., Saltzman, C. L. & Cook, T. M. (1998). The effect of foot structure on the three-dimensional kinematic coupling behavior of the leg and rear foot. *Physical Therapy*, 78 (4), 404-416.
- Nielsen, R. G., Rathleff, M., Kersting, U. G., Simonsen, O., Moelgaard, C., Jensen, K., Olesen, C. G., Lundbye-Christensen, S. & Kaalund, S. (2008). The predictive value of the foot posture index on dynamic function. 1^{er} Congreso de la «International Foot & Ankle Biomechanics (i-FAB) community. Bolonia (Italia). Disponible en <http://www.jfootankleres.com/content/1/S1/O37href=>ht> [Consulta: 2009, 2 octubre]
- Nikolaidou, M. E. & Boudolos, K. D. (2006). A footprint-based approach for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *The Foot*, 16, 82-90.
- Putti, A. B., Arnold, G.P. & Abboud, R.J. (En prensa). Foot pressure differences in men and women. *Foot and ankle surgery*, 2009.
- Razeghi, M. & Batt, M. E. (2000). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait and Posture*, 15, 282-291.
- Redmond, A. C., Crane, Y. Z. & Menz, H. B. (2008). Normative values for the Foot Posture Index. *Journal of Foot and Ankle research*, 1 (6). Disponible en <http://www.jfootankleres.com/content/1/1/6> [Consulta: 2009, 13 septiembre]
- Redmond, A. C., Crosbie, J. & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21, 89-98
- Sachithanandam, V. & Joseph, B. (1995). The influence of footwear on the prevalence of flat foot: a survey of 1846 skeletally mature persons. *Journal of Bone Joint Surgery*, 77-B, 254-257.
- Salazar, C. (2007). Pie plano como origen de alteraciones biomecánicas en cadena ascendente. *Fisioterapia*, 29 (2), 80-89.
- Saltzman, C. L., Nawoczenski, D. A. & Talbot, K. D. (1995). Measurement of the medial longitudinal arch. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, 45-49.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2008). *Prometheus. Texto y atlas de anatomía (2ª reimpression)*. Madrid: Editorial Panamericana.
- Scott, G., Menz, H. B. & Newcombe, L. (2007). Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture*, 26, 68-75.
- Shrader, J. A., Popovich, J. M., Gracey, G. C. & Danoff, J. V. (2005). Navicular drop measurement in people with rheumatoid arthritis: interrater and intrarater reliability. *Physical Therapy*, 85 (7), 656-664.
- Shiang, T. Y., Lee, S. H., Lee, S. J. & Chu, W. C. (1998). Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 17 (6), 62-66.
- Sirgo, G., Méndez, B., Egocheaga, J., Maestro, A. & Del Valle, M. (1997). Problemática en la clínica diaria en relación a varios métodos de análisis de la huella plantar. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (61), 381-387.
- Sirgo, G. & Aguado, X. (1991). Estudio del comportamiento de la huella plantar en jugadores de voleibol después del esfuerzo considerando su composición corporal y somatotipo. *Apuntes Medicina del Deporte*, 18, 207-212.
- Torrijos, A., Abián-Vicen, J., Abián, P. & Abián, M. (2009). Plantar fasciitis treatment. *Journal of Sport and Health Research*, 1 (2), 123-131.
- Viladot, R., Cohí, O. & Clavell, S. (1997). *Órtesis y prótesis del aparato locomotor*. Barcelona: Masson.
- Viladot, A. (2000). *Quince lecciones sobre patología del pie*. (2ª Edición). Barcelona: Springer.
- Williams, D. S., McClay, I. S. & Hamill, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 16, 341-347.