

Efecto de las posiciones del retropie sobre las presiones plantares del antepie

Enrique Sanz García

E. U. de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid.
Ciudad Universitaria. 28040. Madrid.
clinicadelpie28770@hotmail.com

Tutor

José Luis Lázaro Martínez

E. U. de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid.
Ciudad Universitaria. 28040. Madrid.
diabetes@enf.ucm.es

Resumen: Muchas alteraciones localizadas a nivel del antepie son causadas por modificaciones en la distribución de la presión plantar. De todos los factores que influyen en las presiones plantares del antepie, no existen estudios previos que investiguen el efecto de las posiciones del retropie. **Objetivo:** Investigar la relación entre la posición del retropie y la distribución de las presiones plantares en el antepie y su posible valor predictivo ante diferentes alteraciones por sobrecarga. **Material y Métodos:** Estudio observacional de corte transversal, en el que se pretenden estudiar las presiones plantares bajo las cinco cabezas metatarsales en 3 grupos de sujetos (con retropie neutro, con retropie valgo o evertido y sujetos con retropie varo o invertido).

Palabras Clave: Pies-Anomalías y malformaciones. Presiones plantares. F-Scan®.

Abstract: Many alterations located at the forefoot are caused by changes in the distribution of plantar pressure. Of all the factors that affect the plantar forefoot pressures, there are no previous studies that investigated the effect of the rearfoot position. **Aim:** To investigate the relationship between the position of the rearfoot and the distribution of forefoot plantar pressures and the possible predictive value for different overload disorders. **Material and Methods:** An observational study of cross, which aim to examine the plantar pressure under the five metatarsal heads in 3 groups of subjects (with neutral rearfoot, with valgus or everted rearfoot and subjects with varus or inverted rearfoot).

Keywords: Abnormalities foot. Plantar pressures. F-Scan®.

INTRODUCCIÓN

El metatarso como parte fundamental del pie y considerando su importante misión tanto en estática como en dinámica, ha sido objeto de muchos estudios y esfuerzos encaminados al mejor entendimiento de su estructura y función.

Por todos es conocido la pluralidad de teorías arquitecto-mecánico-funcionales que han ido apareciendo sobre el apoyo metatarsal. Desde los autores clásicos como Lelievre y Kapandji^(1,2), que consideraban la existencia de un arco anterior con dos únicos apoyos bajo el primer y quinto metatarsiano, pasando por las teorías en pro del apoyo de los metatarsianos centrales, hasta nuestros días, cuando está ampliamente admitido que todos los metatarsianos soportan carga^(3,4).

Partiendo de esta consideración y gracias a los sistemas actuales podobarométricos, son muchas las investigaciones realizadas que han perseguido establecer un patrón de carga y su distribución bajo el antepie, desde el punto de vista fisiológico y patológico, estudiando el metatarso en bipedestación y en dinámica⁽⁵⁾.

Analizando el trabajo del antepie, se ha podido comprobar que si bien a nivel óptico en el tradicional sistema de espejos, todas las cabezas metatarsales apoyan, y que existe un despegue progresivo de quinto a primero, los estudios podobarométricos han detectado que en la mayoría de las ocasiones es el segundo metatarsiano quien más presión recibe y que el primero no realiza todo el trabajo que en un principio se suponía⁽⁶⁾. La intervención de cada metatarsiano es diferente en tiempo e intensidad, dependiendo de su posición y momento de actuación en la secuencia del paso.

Estudios recientes sobre individuos sanos como el de Martínez-Nova *et al.* y el de Kanati *et al.*, han demostrado existir una mayor presión máxima y media bajo la columna central del antepie, es decir segunda y tercera cabeza metatarsal^(7,8). La finalidad de estos estudios era conocer diferentes factores que pudieran influir en las cargas bajo el antepie y mejorar su compresión para un correcto manejo de las metatarsalgias.

De hecho, la metatarsalgia y la fascitis plantar han sido vinculadas a inadecuadas distribuciones de la carga bajo determinadas zonas de la planta del pie^(9,10) como cualquier otro factor que pueda suponer un incremento de las presiones plantares ha sido considerado causa de dolor y ulceración, entendiendo así, que muchas de las acciones terapéuticas fijaran sus objetivos en reducir estas⁽¹¹⁾.

Estudios muy recientes han demostrado en pacientes con AR un incremento significativo de las presiones plantares medias en zonas dolorosas del antepie frente a aéreas no dolorosas⁽¹²⁾. Estudios previos han confirmado la relación entre la presión del antepie y el dolor de la marcha⁽¹³⁾.

Otra entidad patológica relativamente frecuente y de localización metatarsal son las fracturas por estrés o por sobrecarga, que también han sido vinculadas a un incremento de presión en esta zona^(14,15).

Consideramos por tanto fundamental conocer los factores intensificadores de la carga o las presiones plantares, así como su distribución temporal (integral presión-tiempo), ya que ha demostrado ser un buen predictor de posibles daños y patología⁽¹⁶⁾, tanto en el pie afecto de artritis reumatoide⁽¹⁷⁾ como en el pie diabético⁽¹⁸⁾.

Sabemos que cualquier desequilibrio de tipo mecánico, funcional o morfológico de las extremidades inferiores va a tener repercusión directa en la calidad y cantidad del apoyo metatarsal⁽¹⁹⁾, y que desde el punto de vista intrínseco del pie, juegan un papel muy importante, la longitud de los diferentes metatarsianos⁽¹¹⁾, la orientación de la articulación mediotarsiana, las posiciones del retropié⁽²⁰⁾, las alteraciones digitales⁽²¹⁾, el tipo de pie⁽²²⁾, deformidades como el hallux abductus valgus^(23,24).

La respuesta de las presiones plantares bajo el antepie también ha sido estudiada en relación a múltiples intervenciones terapéuticas como la valoración postquirúrgica de diferentes técnicas⁽²⁵⁾, se ha analizado también la influencia del calzado⁽²⁶⁾ y las diferentes alturas de su tacón⁽²⁷⁾, se ha comprobado la eficacia de diferentes dispositivos ortésicos, como soportes plantares⁽⁹⁾ y almohadillados⁽²⁸⁾ para el tratamiento de las metatarsalgias.

Son muy numerosas las investigaciones dirigidas a explicar cómo diferentes enfermedades sistémicas con importante afectación de los miembros inferiores como es la diabetes⁽²⁹⁾ y la artritis reumatoide⁽¹⁷⁾ afecta a las presiones plantares del antepie, debido a su reconocida predisposición patológica.

En el campo de la artritis reumatoide encontramos también datos contradictorios, por ejemplo Lord *et al.*⁽³⁰⁾ en los años 80 y posteriormente Woodburn *et al.*⁽²⁰⁾ en los 90, comparando grupos de individuos afectados de artritis reumatoide (AR) con individuos sanos encontraron diferencias significativas en las presiones plantares máximas bajo el antepie. En contraste y ya en el 2004 Otter *et al.*⁽¹⁷⁾, no pudieron demostrar tal diferencia entre los dos grupos (de 25 sujetos cada uno), pero sin embargo, se encontró que los pacientes con AR presentaban una diferencia significativa en los aspectos temporales de la presión bajo el antepie. La integral fuerza-tiempo y la duración de la presión fueron mayores en el grupo AR.

El estudio de Woodburn *et al.*⁽²⁰⁾ se realizó sobre 3 grupos de individuos, clasificándolos según su afección de AR y su posición del retropié. De tal forma determinaron un grupo con artritis reumatoide (AR) y valgo de talón, un grupo con AR y talón neutro y un tercer grupo de sujetos sanos también con talón neutro. Encontraron diferencias significativas entre el primer grupo y los otros dos en las presiones plantares máximas de todas las cabezas metatarsales, salvo bajo la primera.

Concluyeron que al menos en la AR, la desalineación del talón afecta al mecanismo de distribución y magnitud de las presiones plantares en el antepie.

La influencia de la posición del retropie sobre al antepie es conocida también gracias a estudios como el de Buchanan y Davis, que demostraron existir relación entre el ángulo de antepie y el ángulo de retropie relajado⁽³¹⁾.

Por otro lado, modificaciones de la situación del talón mediante diferentes dispositivos ortopédicos han demostrado tener efecto en las presiones bajo el antepie. Van Gheluwe y Dannanbreg estudiaron el efecto de las cuñas en varo y valgo del retropie sobre el antepie, concluyendo que no influyen significativamente en las variables de presión del antepie, al igual que la presión de retropie no se ve afectada por acuñamiento anterior. Las cuñas de retropie iban desde los 4 grados de valgo a los 8 grados de varo⁽³²⁾. Un resultado similar encontró Cornwall et al evaluando la eficacia de una plantilla semirrígida con cuña de varo en las fuerzas verticales de antepie en una mujer de 24 años de edad con una deformidad compensada de retropie en varo.

Los resultados de este estudio indicaron que el uso de la plantilla semirrígida de contacto total reducía la integral fuerza-tiempo durante la marcha, pero independientemente de que fuera utilizada o no una cuña en varo de retropie⁽³³⁾. En contraposición otros autores han concluido que la colocación de cuñas mediales en el talón han disminuido las presiones bajo la primera y segunda cabeza metatarsal, así como bajo el hallux, mientras que las cuñas laterales en el talón han disminuido las presiones bajo tercera, cuarta y quinta cabeza metatarsal⁽³⁴⁾.

O'Sullivan *et al.*⁽³⁵⁾ demostraron como un determinado tipo de "taping" reducía la prono-supinación del retropie, suponiendo esto también una reducción en las presiones plantares máximas bajo la zona medial del antepie. Resultados concordantes encontraron Russo y Chipchase en una población de sujetos jóvenes⁽³⁶⁾. Estudios similares han utilizado la presión plantar como una medida indirecta del pie en pronación, y han supuesto que la distribución de la presión plantar refleja la posición del retropie⁽³⁷⁾.

Observando la gran cantidad de estudios que hacen referencia a los factores que influyen en la disfunción metatarsiana, entendemos su carácter multifactorial, pero creemos que el papel que juega el retropie y su posición, sobre las transferencias de carga hacia el antepie, no ha recibido la atención debida. Teniendo en cuenta, no tanto las consecuencias, sino su papel como factor predisponente, son escasos los estudios que nos aporten el verdadero valor predictivo que una alineación inadecuada de retropie pueda suponer en los problemas del antepie, y en qué medida un talón varo o valgo pueda implicar más o menos riesgo de afectación en la porción anterior del pie.

HIPÓTESIS

Las desalineaciones del retropie se asocian a alteraciones de las presiones plantares del antepie.

OBJETIVOS

- Describir las desalineaciones estructurales del retropie en los sujetos de estudio.
- Describir los patrones de presiones plantares a nivel metatarsal.
- Describir las asociaciones de las posiciones de retropie y la sobrecarga de antepie.
- Identificar las posiciones de retropie susceptibles de provocar mayores alteraciones en las presiones plantares del antepie.

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Tipo de Estudio

Estudio observacional de corte transversal, en el que se pretenden estudiar las presiones plantares bajo las cinco cabezas metatarsales en 3 grupos de sujetos.

Población Diana

En el presente estudio se incluirán 48 sujetos (16 por grupo) correspondientes a adultos jóvenes, voluntarios y estudiantes de 2º y 3º curso de Podología de la Universidad Complutense de Madrid, siempre y cuando nos otorguen su consentimiento informado y cumplan los siguientes criterios:

- Sujetos de ambos sexos mayores de edad.
- Sujetos que no presenten deformidades congénitas ni traumáticas de la extremidad inferior.
- Sujetos sin historial de dolor de pies ni historial de lesiones de tobillo y pie.
- Sujetos que no necesiten mecanismos de ayuda para la marcha como bastones, muletas, férulas o cualquier otro dispositivo que interfiera en el desarrollo autónomo del paso.

- Sujetos que no presenten callosidades importantes bajo las cabezas metatarsales.

Criterios de exclusión

- Sujetos que presenten diabetes o artritis reumatoide en el momento del estudio.
- Sujetos con enfermedades autoinmunes con repercusión osteoarticular.

Determinación del tamaño muestral

La determinación del tamaño muestral se lleva a cabo utilizando el programa para análisis epidemiológico Epidat 3.1, teniendo en cuenta estudios previos donde el sistema de medida de la presión plantar ha sido el mismo⁽³⁸⁾.

Conociendo la desviación estándar de una población A (individuos con retropie valgo y AR) y de una población B (individuos sanos con retropie neutro), se realiza un muestreo para la comparación de medias (datos cuantitativos), de tres grupos iguales (razón entre los tamaños de muestra de los 3 grupos igual a 1) y con una confianza del 95% y una potencia del 80% (Tabla 1).

Desviación estándar esperada	Población A:	66,200
	Población B:	71,500
Diferencia de medias esperada:		70,000
Razón entre muestras (B/A):		1,000
Nivel de confianza:		95,0%
	Tamaño de muestra	
Potencia (%)	Población A	Población B
-----	-----	-----
80,0	16	16

Tabla 1. Tamaños de muestra y potencia para comparación de medias independientes.

Asignación a los grupos de estudio

Los sujetos serán clasificados en cada uno de los siguientes grupos según la posición en carga del calcáneo relajado^(39,40).

- Retropie neutro o alineado: entre los 2º de valgo o eversión y los 2º de varo o inversión.
- Retropie valgo o evertido: más de 2º de valgo o eversión.

- Retropie varo o invertido: más de 2º de varo o inversión.

Método de recogida de datos

A todos los sujetos se les realizará una historia clínica donde además de cribar la muestra según los motivos de inclusión y exclusión del estudio, se recogerán los siguientes datos de filiación (Tabla 2).

DATOS PERSONALES	
Nombre y apellidos	Fecha de nacimiento
Sexo	Domicilio actual

DATOS CLINICOS	
Peso*	Longitud del pie
Talla*	Nº de calzado
PRCA	Grupo de estudio

*Peso, y estatura son variables que influyen en las presiones plantares^(41,7,42).

Tabla 2.

Se realizará una exploración por un único profesional con el paciente en bipedestación en posición relajada, de espaldas, con su ángulo y base de marcha normales a fin de valorar la posición neutra y relajada del calcáneo en apoyo, midiéndola mediante goniómetro. Se identificarán los bordes de la superficie posterior del calcáneo, para trazar su bisección. El ángulo que forme esta con el plano del suelo nos permitirá clasificar a los sujetos según su posición del calcáneo⁽³⁹⁾.

Toma de presiones plantares mediante F-Scan®

La recogida de las presiones plantares se llevará a cabo mediante un sistema de plantillas instrumentalizadas, el sistema F-Scan® (Tekscan, Boston, Massachusetts). Las plantillas cuentan con 960 sensores cada una y proporcionan una resolución espacial de 4 sensores/cm². La frecuencia de recogida de datos es de 50 Hz.

Estudios anteriores han encontrado una aceptable fiabilidad en este sistema^(43,44,45,46). Otros estudios han comparado los datos obtenidos mediante el sistema Pedar® y el F-Scan® aportando también seguridad en ambos⁽⁴⁷⁾.

Las plantillas deben ser calibradas siguiendo las directrices del fabricante para cada individuo para una mayor fiabilidad de los datos obtenidos^(44,48).

Con objeto de conseguir un marcha lo más natural posible, la cadencia y velocidad no serán controladas, ya que afecta a los valores de las presiones plantares⁽⁴⁹⁾ y se dejará al paciente caminar con las plantillas instrumentalizadas dentro del calzado para su adaptación, durante un periodo de 5 minutos antes del

registro definitivo. Esto permite también el calentamiento y equilibrio de la temperatura de la plantilla, ya que los datos han mostrado variabilidad con cambios de la misma⁽⁴⁵⁾. Las instrucciones serán dadas por el mismo investigador.

El calzado utilizado será el mismo para todos los pacientes, de los que se dispondrá de 8 numeraciones diferentes (37 al 45) para los diferentes sujetos. El calzado seleccionado es un zapato sanitario de velcro (Mod. CBLC-211, Normativa: CAT II EN ISO 20347.01) de plantilla extraíble, para una mejor adaptación de la plantilla F-Scan®. Al igual, se dispondrá de calzas sanitarias con finalidad higiénica y para todos los ensayos el mismo modelo, ya que los calcetines también pueden alterar las presiones plantares⁽⁵⁰⁾.

El sujeto será instruido para caminar lo más naturalmente posible, mirando al frente, a su velocidad de marcha, en un recorrido de 10 m. Para evitar errores derivados de la aceleración y desaceleración de la marcha al comienzo y final de cada itinerario, se tomaran las presiones en el centro del mismo⁽³⁵⁾.

Se tomaran las presiones máximas, presiones medias y la integral presión-tiempo (suma de picos de presión en cada marco de contacto multiplicado por la duración del contacto) en 5 áreas, correspondientes a las 5 cabezas metatarsales. Los dedos son omitidos del análisis por su alta variabilidad^(51,52).

Los valores de presión se obtendrán de una media de 3 pasos mediante el procedimiento facilitado por el software Tekscan, del sistema F-Scan. Este procedimiento ha demostrado facilitar datos más representativos⁽⁴⁴⁾ al igual que es recomendado por otros sistemas⁽⁵³⁾.

La unidad de medida utilizada para los datos será el kPa.

Debido a que la velocidad ha demostrado afectar a los valores de la presión, se registrara el tiempo empleado en tomar el paso y se rechazará las mediciones de velocidad cuando se desvíe más de un 10% de la media⁽⁵⁴⁾.

Protocolo estadístico

Las técnicas estadísticas empleadas serán:

- Técnicas descriptivas de frecuencia y porcentaje para la variable categórica (sexo) y se calculará la media, desviación estándar y rangos mínimo y máximo para las variables cuantitativas (edad, peso y talla).
- Se aplicará el test Kolmororov-Smirnov para comprobar si la variable cuantitativa presión plantar sigue una distribución normal.

- Intentando estimar el efecto de las desalineaciones del retropie (v.independiente cualitativa) sobre las presiones plantares (v.dependiente cuantitativa) se realizará:
 - ✓ Test Kruskal-Wallis si la presión plantar sigue una distribución no normal o la muestra fuera pequeña.
 - ✓ Test ANOVA de 1vía, asumiendo normalidad o cuando la muestra fuera suficiente para poder aplicarlo.
 - ✓ En cualquier caso se asume significación estadística en valores de $p < 0.05$.
- Si se demuestra significación estadística se realizaran pruebas de comparaciones múltiples (Pos Hoc) a fin de valorar que posición del retropie tiene un mayor efecto sobre las presiones plantares.

Para el análisis de los datos se usará el paquete estadístico Spss vs. 17.0.

Cronograma y plan de trabajo

Se pretende reclutar el total de la muestra definida para el estudio en un periodo de 3-4 meses analizando aproximadamente unos 6 pacientes a la semana.

El protocolo de investigación, teniendo en cuenta la participación única de un solo profesional será el siguiente:

Presentación de la investigación, objetivos y plan de exploración a los alumnos de 2º y 3º curso de Podología de la UCM. Se reclutarán voluntarios y se les citará para la exploración.

- Un día por semana se realizarán las exploraciones previamente acordadas.
- Cada dos semanas se revisarán los datos obtenidos y se registrarán en el programa Spss.
- A los dos meses, primer análisis estadístico para identificar y valorar el desarrollo del estudio. Se podrá realizar una primera publicación incluyendo los resultados preliminares dando transcendencia a la investigación.
- A los cuatro meses, finalización del proyecto realizándose la memoria final donde se incluirán título del proyecto, objetivos, métodos, resultados, discusión y conclusiones.

Justificación económica

Los principales gastos derivados de la investigación se reflejan en las siguientes tablas (Tabla 3).

GASTOS DE PERSONAL	
Investigador único (4 meses de trabajo, 4h/semana)	1000
EQUIPAMIENTO CIENTÍFICO Y TÉCNICO	
Sistema F-Scan®	7500
Ordenador portátil	700
8 Pares zapato sanitario de velcro (Mod. CBLC-211)	190
Calzas (100 unid.)	5
Goniómetro	70
Material de oficina (lápiz de tinta, bolígrafos...)	10
Publicaciones (edición, impresión...)	20
TOTAL (€)	9495

Tabla 3.

TRANSCENDENCIA DE LOS RESULTADOS

El presente proyecto de investigación se ha centrado en el estudio de las diferentes posiciones del talón en el plano frontal con el fin de comparar su influencia en la distribución de la presión plantar en el antepie. Creemos que se ha prestado poca atención a la función del retropie sobre la transferencia de la carga hacia el antepie durante la fase de la marcha.

Una buena práctica diagnóstica en etapas tempranas ante cualquier evidencia clínica de desalineación del retropie, repercutirá muy posiblemente en una reducción de problemas traumatológicos a nivel metatarsal en etapas más avanzadas de la vida.

La trascendencia de este estudio reside en el hecho predictivo y de prevención, más aun en civilizaciones avanzadas como la actual, donde el aumento de la esperanza de vida y el envejecimiento de la población han provocado una escalada de la incidencia de las enfermedades musculoesqueléticas en todo el mundo.

LIMITACIONES

Los factores biomecánicos que influyen en la patología del pie y tobillo han sido previamente investigados usando técnicas de medición de las presiones plantares y han demostrado ser útiles, pero aun así, es importante considerar las limitaciones de

los datos que nos aportan^(15,55,56,20). Todos ellos parecen proporcionar resultados validos de forma cualitativa pero los valores de presión absolutos deben tomarse con cautela⁽⁴¹⁾ y por lo tanto, el análisis de las presiones plantares no debe ser usado como prueba única, pero si como un prueba más para ayudarnos a establecer resultados⁽²⁵⁾.

Estudios muy recientes han demostrado que correr con sistemas de lectura de las presiones plantares como es el F-Scan® Mobile altera distintas características de la marcha, pudiendo no representar parámetros fidedignos de la biomecánica real⁽⁵⁷⁾.

Es muy difícil comparar valores entre diferentes estudios, pero si es apropiado comparar la distribución de las presiones plantares bajo las mismas condiciones⁽⁵⁸⁾ por lo que es de suma importancia seguir un estricto protocolo de medición para hacer lo más fiable posible el procedimiento⁽³⁵⁾.

Esto parece apuntar la necesidad de incrementar el uso de protocolos internacionales reconocidos y estandarizados para permitir la mejor comparación de resultados entre diferentes estudios de las presiones plantares^(17,54).

Estudios previos han indicado que el sistema de medida e incluso su frecuencia de captura de datos, el muestreo, el calzado y la velocidad de marcha pueden influir en la medición de las presiones^(5,59,53).

BIBLIOGRAFÍA

1. Lelievre J. Patología del pie. 4ª ed. Barcelona: Toray Masson; 1987.
2. Kapandji IA. Cuadernos de fisiología articular : esquemas comentados de mecánica articular. 4ª ed. vol.2. Barcelona: Masson; 1990.
3. Viladot A. Patología del antepié. 4ª ed. Barcelona: Springer; 2001.
4. Roy KJ. Force, pressure, and motion measurements in the foot: current concepts. Clin Podiatr Med Surg. 1988 Jul;5(3):491-508.
5. Hughes J. The clinical use of pedobarography. Acta Orthop Belg. 1993;59(1):10-6.
6. Rueda A, Rueda M, Alonso J. Conceptos de biomecánica metatarso-digital. En: Moreno de la Fuente JL. Patología Metatarso-digital: Ponencias XXII Congreso Nacional de Podología. Madrid: Federación Española de Podólogos; 1991. p. 65-70.

7. Martínez A, Pascual J, Sánchez R. Cadence, age, and weight as determinants of forefoot plantar pressures using the Biofoot in-shoe system. *JAPMA*. 2008 Jul-Aug;98(4):302-10.
8. Kanatli U, Yetkin H, Simsek A, Ozturk AM, Esen E, Besli K. Pressure distribution patterns under the metatarsal heads in healthy individuals. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2008 Jan-Feb;42(1):26-30.
9. Kelly A, Winson I. Use of ready-made insoles in the treatment of lesser metatarsalgia: a prospective randomized controlled trial. *Foot Ankle Int*. 1998 Apr;19(4):217-20.
10. Bedi HS, Love BR. Differences in impulse distribution in patients with plantar fasciitis. *Foot Ankle Int*. 1998 Mar;19(3):153-6.
11. Morag E, Cavanagh PR. Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. *J Biomech*. 1999 Apr;32(4):359-70.
12. Novak P, Burger H, Tomsic M, Marincek C, Vidmar G. Influence of foot orthoses on plantar pressures, foot pain and walking ability of rheumatoid arthritis patients-a randomised controlled study. *Disabil Rehabil*. 2009;31(8):638-45.
13. van der Leeden M, Steultjens M, Dekker JH, Prins AP, Dekker J. Forefoot joint damage, pain and disability in rheumatoid arthritis patients with foot complaints: the role of plantar pressure and gait characteristics. *Rheumatology (Oxford)*. 2006 Apr;45(4):4.
14. Bennell K, Matheson G, Meeuwisse W, Brukner P. Risk factors for stress fractures. *Sports Med*. 1999 Aug;28(2):91-122.
15. Arndt A, Ekenman I, Westblad P, Lundberg A. Effects of fatigue and load variation on metatarsal deformation measured in vivo during barefoot walking. *J Biomech*. 2002 May;35(5):621-8.
16. Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005 Nov;20(9):877-82.
17. Otter SJ, Bowen CJ, Young AK. Forefoot plantar pressures in rheumatoid arthritis. *JAPMA*. 2004 May-Jun;94(3):255-60.
18. Kelly VE, Mueller MJ, Sinacore DR. Timing of peak plantar pressure during the stance phase of walking. A study of patients with diabetes mellitus and transmetatarsal amputation. *JAPMA*. 2000 Jan;90(1):18-23.

19. Rueda Sánchez M. Podología: los desequilibrios el pie. Barcelona: Paidotribo; 2004.
20. Woodburn J, Helliwell PS. Relation between heel position and the distribution of forefoot plantar pressures and skin callosities in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis.* 1996 Nov;55(11):806-10.
21. Basas F, Sánchez E, Basas S, Basas A. Patomecánica de la deformidad digital y distribución de las presiones en apoyo medio. *Rev Int Cienc Podol.* 2008; 2(1):13-18.
22. Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait Posture.* 2009 Jan;19:1-5.
23. Yamamoto H, Muneta T, Asahina S, Furuya K. Forefoot pressures during walking in feet afflicted with hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res.* 1996 Feb(323):247-53.
24. Waldecker U. Metatarsalgia in hallux valgus deformity: a pedographic analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2002 Sep-Oct;41(5):300-8.
25. Schepers T, Van der Stoep A, Van der Avert H, Van Lieshout EM, Patka P. Plantar pressure analysis after percutaneous repair of displaced intra-articular calcaneal fractures. *Foot Ankle Int.* 2008 Feb;29(2):128-35.
26. Nyska M, McCabe C, Linge K, Laing P, Klenerman L. Effect of the shoe on plantar foot pressures. *Acta Orthop Scand.* 1995 Feb;66(1):53-6.
27. Mandato MG, Nester E. The effects of increasing heel height on forefoot peak pressure. *JAPMA.* 1999 Feb;89(2):75-80.
28. Hsi WL, Kang JH, Lee XX. Optimum position of metatarsal pad in metatarsalgia for pressure relief. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005 Jul;84(7):514-20.
29. Caselli A, Pham H, Giurini JM, Armstrong DG, Veves A. The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. *Diabetes Care.* 2002 Jun;25(6):1066-71.
30. Lord M, Reynolds DP, Hughes JR. Foot pressure measurement: a review of clinical findings. *J Biomed Eng.* 1986 Oct;8(4):283-94.
31. Buchanan KR, Davis I. The relationship between forefoot, midfoot, and rearfoot static alignment in pain-free individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005 Sep;35(9):559-66.

32. Van Gheluwe B, Dananberg HJ. Changes in plantar foot pressure with in-shoe varus or valgus wedging. JAPMA. 2004 Jan-Feb;94(1):1-11.
33. Cornwall MW, McPoil TG. Effect of rearfoot posts in reducing forefoot forces. A single-subject design. JAPMA. 1992 Jul;82(7):371-4.
34. Rose NE, Feiwel LA, Cracchiolo A, 3rd. A method for measuring foot pressures using a high resolution, computerized insole sensor: the effect of heel wedges on plantar pressure distribution and center of force. Foot Ankle. 1992 Jun;13(5):263-70.
35. O'Sullivan K, Kennedy N, O'Neill E, Ni Mhainin U. The effect of low-dye taping on rearfoot motion and plantar pressure during the stance phase of gait. BMC Musculoskelet Disord. 2008;9:111.
36. Russo SJ, Chipchase LS. The effect of low-Dye taping on peak plantar pressures of normal feet during gait. Aust J Physiother. 2001;47(4):239-44.
37. Lange B, Chipchase L, Evans A. The effect of low-Dye taping on plantar pressures, during gait, in subjects with navicular drop exceeding 10 mm. J Orthop Sports Phys Ther. 2004 Apr;34(4):201-9.
38. Woodburn J, Helliwell P. Observations on the F-Scan in-shoe pressure measuring system. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1997 Apr;12(3):S16.
39. Root ML, Orien WP, Weed JH, Hugues RJ. Exploracion Biomecánica del Pie. Madrid : Ortocen, 1991. Vol. I.
40. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2006 Jan;21(1):89-98.
41. Camp A, Montiel E, Poveda D, Salvador L, Orgilés C, Faulí A. Estudio dinámico de la presión en el pie: podobarografía. Av Diabetol. 2006. 22:54-61.
42. Martínez A, Sánchez R, Cuevas JC. Patrón de presiones plantares en el pie normal: Análisis mediante sistema Biofoot de plantillas instrumentadas. El Peu. 2006;26(4):190-194.
43. Ahroni JH, Boyko EJ, Forsberg R. Reliability of F-scan in-shoe measurements of plantar pressure. Foot Ankle Int. 1998 Oct;19(10):668-73.
44. Mueller MJ, Strube MJ. Generalizability of in-shoe peak pressure measures using the F-scan system. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1996 Apr;11(3):159-64.

45. Randolph AL, Nelson M, Akkapeddi S, Levin A, Alexandrescu R. Reliability of measurements of pressures applied on the foot during walking by a computerized insole sensor system. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000 May;81(5):573-8.
46. Imamura M, Imamura ST, Salomao O, Pereira CA, De Carvalho AE, Jr., Neto RB. Pedobarometric evaluation of the normal adult male foot. *Foot Ankle Int.* 2002 Sep;23(9):804-10.
47. Hsiao H, Guan J, Weatherly M. Accuracy and precision of two in-shoe pressure measurement systems. *Ergonomics.* 2002, 45:537-555.
48. Luo ZP, Berglund LJ, An KN. Validation of F-Scan pressure sensor system: a technical note. *J Rehabil Res Dev.* 1998 Jun;35(2):186-91.
49. Zhu H, Wertsch JJ, Harris GF, Alba HM. Walking cadence effect on plantar pressures. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995 Nov;76(11):1000-5.
50. Veves A, Masson EA, Fernando DJ, Boulton AJ. Use of experimental padded hosiery to reduce abnormal foot pressures in diabetic neuropathy. *Diabetes Care.* 1989 Oct;12(9):653-5.
51. Hughes J, Clark P, Linge K, Klenerman L. A comparison of two studies of the pressure distribution under the feet of normal subjects using different equipment. *Foot Ankle.* 1993 Nov-Dec;14(9):514-9.
52. Vicenzino B, McPoil T, Buckland S. Plantar foot pressures after the augmented low dye taping technique. *J Athl Train.* 2007 Jul-Sep;42(3):374-80.
53. Hughes J, Pratt L, Linge K, Clark P, Klenerman L. Reliability of pressure measurements: the EMED F system. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1991; 6:14-18.
54. Barnett SJ. International protocol guidelines for plantar pressure measurement. *The Diabetic Foot.* 1998;1(4):137-144.
55. Eils E, Streyll M, Linnenbecker S, Thorwesten L, Volker K, Rosenbaum D. Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. *Am J Sports Med.* 2004 Jan-Feb;32(1):140-5.
56. Segal A, Rohr E, Orendurff M, Shofer J, O'Brien M, Sangeorzan B. The effect of walking speed on peak plantar pressure. *Foot Ankle Int.* 2004 Dec;25(12):926-33.
57. Kong PW, De Heer H. Wearing the F-Scan mobile in-shoe pressure measurement system alters gait characteristics during running. *Gait Posture.* 2009 Jan;29(1):143-5.

58. Sumiya T, Suzuki Y, Kasahara T, Ogata H. Sensing stability and dynamic response of the F-Scan in-shoe sensing system: a technical note. *J Rehabil Res Dev.* 1998 Jun;35(2):192-200.
59. Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait Posture.* 2008 Oct;28(3):405-11.

Recibido: 23 marzo 2010.

Aceptado: 8 agosto 2010.