

Original

La efectividad de los materiales de amortiguación usados en las ortesis plantares para el tratamiento de las sobrecargas metatarsales



G. Domínguez^a, F. París-García^{b,*} y L. Carrasco^c

^a Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

^b Facultad del Deporte, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

^c Hospital del Alta Resolución de Utrera, Utrera, Sevilla, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 23 de octubre de 2014

Aceptado el 27 de abril de 2015

On-line el 6 de septiembre de 2016

Palabras clave:

Metatarsalgia
Almohadillas plantares
Presión máxima de antepié
Dureza

RESUMEN

Objetivo: Para el tratamiento de la dolencia metatarsal por sobrecarga, se emplean soportes plantares de distintos materiales con el fin de amortiguar las presiones plantares que se producen en esta región durante el periodo propulsivo de la marcha. El propósito de este estudio consistió en determinar las modificaciones de las presiones plantares en las cabezas metatarsales usando como amortiguación metatarsal palmillas de los siguientes materiales: Pedilastik®, Poron Medical®, Jogtene® y Confortene®, habitualmente usados en el tratamiento ortopodológico conservador de las sobrecargas metatarsales.

Método: Los valores de presión máxima de los metatarsianos se midieron en dinámica, usando el sistema de Rs-Scan Insole System® dentro del calzado, con los sujetos sin palmilla, y usando palmillas de diferentes materiales. La muestra de este estudio fueron 16 pies.

Resultados: La mayoría de los valores de presión plantar experimentaron un ligero incremento en sus valores con la aplicación de diferentes palmillas, con todos los materiales usados en el presente estudio. Así, aunque no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las diferentes mediciones, ni los resultados de la máxima presión plantar en cada cabeza metatarsal (excepto en el 5.º) ni los resultados de la máxima presión plantar en la zona de antepié, mostraron un decrecimiento en sus valores con el uso de diferentes materiales ensayados en este estudio.

Conclusiones: El uso de almohadillas con materiales tradicionalmente usados seleccionados en este estudio tiene un ligero efecto negativo en la presión máxima plantar en la cabezas metatarsales y la presión máxima plantar en la zona de antepié durante la fase propulsiva.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

The effectiveness of the damping materials used in plantar orthosis to the metatarsal overload treatment

ABSTRACT

Objective: For treatment of the metatarsal overload condition, plantar supports of different materials in order to reduce plantar pressures which occur in this region during the gait period propulsive are used. The purpose of this study has to determine the changes of plantar pressure under the metatarsal heads using as metatarsal cushioning soles of the following materials: Pedilastik®, Poron Medical®, Jogtene® and Confortene®, habitually in the conservative treatment orthopodiatric of the metatarsal overload.

Method: The values of maximum pressure of the metatarsal heads were obtained in dynamics conditions, using the Rs-Scan Insole System® inside the shoe. Measurements were taken without any cushioning insole, and using insoles of different materials. The sample used for this study was a set of 16 feet.

Results: The majority of the variables of plantar pressure experienced a slight increase in their values with the application of different insoles, with all the materials used in the present study. Thus, although

Keywords:

Metatarsalgia
Plantar pads
Maximum plantar pressure
Hardness

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fparis@upo.es (F. París-García).

no significant differences ($P > .05$) during the propulsive phase were found with respect to the control group, neither in the maximum pressure at each metatarsal head (except for 5th) nor in the maximum plantar pressure at forefoot area, the results found have shown that no decrease in the values of the plantar pressures was reached with the use of the different materials tested in this study.

Conclusions: The use of pads with the traditional materials used in the present study has a slight negative effect on the Maximum plantar pressure at the metatarsal heads and the maximum plantar pressure at the forefoot area during the propulsive phase.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Eficácia dos materiais de amortecimento usado em ortopedia plantar para o tratamento da sobrecarga metatarsal

R E S U M O

Palavras-chave:

Metatarsalgia
Almofadas
Alta pressão do antepé
Dureza

Objetivo: tratar a sobrecarga de doença metatarso, órteses de diferentes materiais, a fim de atenuar as pressões plantares que ocorrem nesta região durante o período de propulsão da marcha. O objetivo deste estudo é determinar as mudanças de pressões plantares na cabeça dos metatarsos utilizando palmilhas de amortecimento nos metatarsos com as seguintes órteses utilizadas no tratamento conservador da sobrecarga no metatarso: Pedilastik®, Poron Medical®, Jogtene® e Confortene®.

Método: Os valores máximos de pressão metatarso foram medidos de forma dinâmica, utilizando o sistema de Rs-Scan Palmilha System® dentro do sapato, com indivíduos sem palmilha, e usando diferentes palmilhas. A amostra deste estudo foram 16 pés.

Resultados: A maioria dos valores de pressão plantar sofreram um ligeiro aumento nos seus valores com a aplicação de diferentes palmilhas, com todos os materiais utilizados no presente estudo. Assim, apesar de não haver diferenças significativas ($p > 0.05$) foram obtidos em medições diferentes, ou os resultados da pressão máxima plantar em cada cabeça do metatarso (exceto quinto) ou os resultados da pressão máxima plantar no antepé mostrou uma diminuição dos seus valores com o uso de diferentes materiais testados neste estudo.

Conclusões: O uso de almofadas com materiais selecionados tradicionalmente utilizada neste estudo tem um efeito negativo ligeiro na máxima pressão sobre as cabeças dos metatarsos plantares e na área do antepé máxima pressão plantar durante a fase de propulsão.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Durante la marcha, los miembros inferiores están sometidos a impactos de repetición derivados de su interacción con el suelo. Se ha relacionado la existencia de este tipo de cargas durante la marcha con daños en las estructuras elásticas (estructuras con capacidad de recuperar su morfología inicial una vez haya cesado la fuerza deformante) tal y como se produce en el cartílago articular^{1,2} y con la aparición de dolencias degenerativas o por sobrecarga como ocurre en las metatarsalgias^{3,4}.

La metatarsalgia constituye la localización más frecuente de dolor en el pie y múltiples pueden ser sus causas. Du Vries⁵ estableció que entre el 50% y el 70% de la población perteneciente a sociedades civilizadas padecía y/o padecería algún tipo de problema en los pies y que el 90% de estas alteraciones se producían en la zona anterior del pie. Moreno de la Fuente⁶ determinó que el dolor en la zona metatarsal es tan frecuente que se calcula que al menos el 80% de las personas llegan a padecerla alguna vez en la vida. Sin embargo, a pesar de que las metatarsalgias constituyen uno de los principales motivos de consulta en el ámbito de la Podología con un 15.6% de las consultas totales, tal y como reflejan Ramos Galvan et al.⁷, no existe suficiente evidencia científica sobre la eficacia de los materiales de amortiguación y de la elección de los mismos para la confección de las ortesis.

Con el fin de mejorar la eficacia del tratamiento ortopedológico de las metatarsalgias es necesario el estudio de los materiales empleados para la confección de las palmillas. En este trabajo se ha estudiado la efectividad del efecto amortiguador metatarsal de distintos materiales utilizados para la confección de palmillas. Por todo

ello, el propósito de este estudio consiste en determinar la variación de las presiones plantares en las cabezas metatarsales medidas mediante las palmillas con sensores RS Scan Insole System®, empleando los siguientes materiales: Pedilastik® (plancha de silicona, Shore A: 25), Poron Medical® (espuma de poliuretano, Shore A: 15), Jogtene® (elastómero de caucho natural Shore A: 30), Confortene® (espuma termoconformable de etileno y acetato de vinilo, Shore A: 35).

Método

Sujetos

La población estudiada ha consistido en un total de ocho sujetos de sexo femenino con un total de 16 pies. La edad media de los sujetos estudiados fue de 22.88 ± 3.44 años, con un rango entre los 20 y los 30 años. Antes de su participación en el estudio, todos los sujetos fueron informados de forma verbal y por escrito acerca del procedimiento a seguir y firmaron un documento de consentimiento informado que fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Sevilla. Dado que el estudio se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Sevilla (Facultad de Podología) y se requería la presencia de los sujetos para la elaboración de las palmillas, el criterio de inclusión fue ser alumno de la facultad sin ningún tipo de afección en el tren inferior.

1.1. Procedimiento experimental

Se realizaron palmillas planas de resina del número del calzado de cada sujeto. Sobre estas palmillas, se adhería en la región

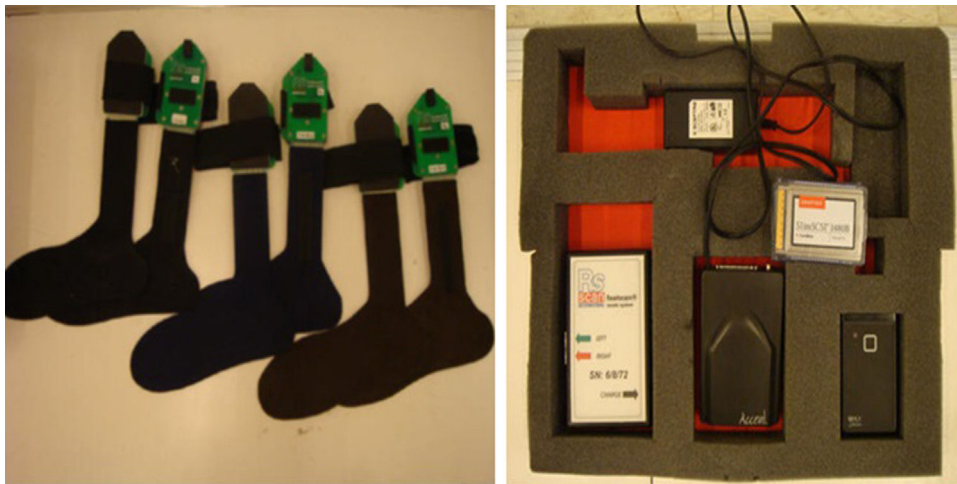


Figura 1. Paquete de pares de palmillas instrumentadas de sistema de baropodometría Footscan Insole System®.

metatarsal una banda del material amortiguador (de 4 mm de grosor). La dureza del material fue determinada mediante la escala Shore, que se basa en el estudio de la deformación de un material cuando se aplica sobre él una fuerza deformante conocida. Tradicionalmente para el tipo de materiales utilizados en las palmillas se utiliza la escala A, que se suele emplear para siliconas blandas. Para cada sujeto se confeccionaron cuatro pares de palmillas con material de amortiguación, uno para cada material. Estas palmillas amortiguadoras se colocaron entre el pie del sujeto y el sistema de registro de presiones.

Todos los sujetos del estudio emplearon calzado sanitario cerrado con sujeción posterior. Se realizó un registro de la marcha de ambos pies con el sistema de baropodometría (fig. 1) siguiendo el siguiente protocolo:

1. A los participantes se les pedía que caminaran previamente durante 3–4 min para habituarle a las condiciones del estudio. Esta prueba se realizaba por un circuito en línea recta previamente marcado en el laboratorio de biomecánica donde posteriormente se llevaría a cabo la medición.
2. Se realizaba la primera medición plantar usando solo las palmillas de sensores para registrar las presiones plantares en la región metatarsal. En este registro no se utilizó ninguna palmilla con material de amortiguación. Cada sujeto de estudio caminó durante ocho segundos en línea recta por el circuito señalado a la velocidad normal a la que habitualmente lo hacen de modo que siempre se realizara en la mismas condiciones (para obtener un mínimo de registro de cuatro pisadas válidas de cada pie) (fig. 2).
3. Los registros de presiones fueron procesados y analizados utilizando el software suministrado con el dispositivo de medida.
4. Se realizaron sucesivas mediciones de presiones plantares, empleando en cada una de ellas una palmilla de los diferentes

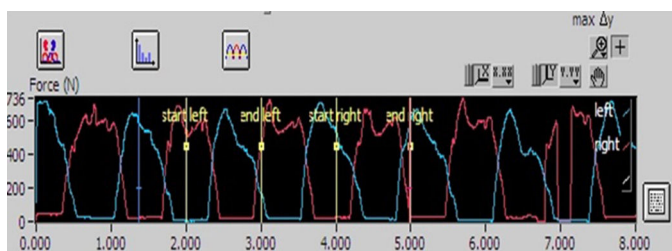


Figura 2. Registro máximo de presiones máximas de pie derecho (rojo [gris claro]) e izquierdo (azul [gris oscuro]). Muestra los marcadores de los puntos de inicio y finalización del análisis.

materiales de amortiguación elegidos para el estudio. En este caso, la función de la palmilla es garantizar la colocación de los distintos materiales en las mismas condiciones.

5. En total sobre cada sujeto se realizan cinco registros de presiones plantares. El primero sin material de amortiguación, y los cuatro ensayos posteriores con diferentes materiales.

Las variables de presiones plantares analizadas fueron:

1. Presión máxima de cada metatarsiano. Esta variable representa la presión máxima producida bajo la cabeza de cada uno de los metatarsianos durante el periodo de la marcha estudiado, y su unidad de medida es N/cm^2 .
2. Presión máxima media del tercio anterior del pie. Esta variable representa la media de las presiones máximas producidas bajo las cabezas metatarsales durante el periodo de la marcha estudiado, su unidad de medida es N/cm^2 .

Análisis estadístico

El análisis estadístico de este estudio se ha llevado a cabo con pruebas estadísticas no paramétricas. Los datos obtenidos en el estudio han sido procesados y analizados con el paquete informático SPSS 15.0 para Windows® (SPSS Science, Chicago, Estados Unidos), utilizando los test de Friedman y Wilcoxon. En todos los casos se han considerado niveles de significación inferior a 0.05.

Resultados

Los valores descriptivos de los registros de presiones en las cinco cabezas metatarsales se muestran en la tabla 1. En la primera columna se muestran los distintos materiales. En las sucesivas columnas se reflejan el valor medio, la desviación típica y el coeficiente de variación de los valores de presión máxima registrados para cada una de las cabezas metatarsales para todos los sujetos de la muestra. Esta variable proporciona información de la dispersión de los valores de presión máxima para cada metatarsiano para todos los sujetos de la muestra. Por cuestiones de simplicidad no se han mostrado todos los resultados obtenidos para cada sujeto pero la dispersión encontrada para cada sujeto, con cada cabeza metatarsal, a lo largo de las mediciones fue inferior al 5%.

Puede observarse (tabla 1) un incremento generalizado en las presiones plantares máximas de los metatarsianos cuando se utilizan palmillas con materiales de amortiguación con respecto a la palmilla sin este material.

Tabla 1
Registro de los valores de presiones máximas sin amortiguación y con los distintos tratamientos (Pedilastik®, Poron Medical®, Jogtene®, Confortene®)

Tratamiento	Primer metatarsiano			Segundo metatarsiano			Tercer metatarsiano			Cuarto metatarsiano			Quinto metatarsiano			Valor medio de las presiones de todos los metatarsianos		
	Valor medio N/cm ²	± DE	Error típico como CV (%)	Valor medio N/cm ²	± DE	Error típico como CV (%)	Valor medio N/cm ²	± DE	Error típico como CV (%)	Valor medio N/cm ²	± DE	Error típico como CV (%)	Valor medio N/cm ²	± DE	Error típico como CV (%)	Valor medio N/cm ²	± DE	Error típico como CV (%)
Sin tratamiento	12.96	4.75	36.65	11.22	3.17	28.25	12.69	3.53	27.82	11.92	5.68	47.65	13.65	5.64	41.32	12.72	2.51	19.73
Pedilastik®	14.02	3.96	28.25	11.04	3.38	30.62	13.61	2.68	19.69	12.89	6.47	50.19	12.80	5.80	45.31	12.87	2.60	20.20
Poron Medical®	14.28	6.17	43.21	12.66	2.48	19.59	14.28	2.95	20.66	11.82	6.18	52.28	11.57	4.81	41.57	12.76	2.82	22.10
Jogtene®	14.46	5.40	37.34	15.33	3.91	25.51	15.12	2.46	16.27	13.58	5.82	42.86	13.31	5.95	44.70	14.46	2.93	20.26
Confortene®	13.50	5.31	39.33	13.22	3.26	24.66	13.93	2.83	20.32	13.82	6.25	45.22	14.51	7.00	48.24	13.69	3.24	23.67

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Las comparaciones entre los diferentes registros de presiones máximas plantares en cada metatarsiano se analizaron con el test de Friedman. Los resultados de significación se muestran en la [tabla 2](#). Puede observarse que solo se producen cambios significativos en los valores de presiones plantares máximas en el segundo metatarsiano, cuarto metatarsiano y en el valor medio de presiones máximas de antepié. En cualquier caso, siempre con valores de presión más altos cuando se emplean los materiales de amortiguación.

La comparación de cada material de amortiguación empleado respecto a las presiones máximas plantares del grupo control se analizó mediante el test de Wilcoxon, y los resultados se muestran en la [tabla 3](#). Puede observarse que solo se producen cambios significativos respecto al grupo control cuando se usa Jogtene® y en el segundo metatarsiano cuando se emplea Confortene®, siempre con valores más altos de presión máxima al emplear los materiales de amortiguación.

Discusión

Los resultados de esta investigación señalan que el uso de los materiales de distinta dureza bajo las cabezas metatarsales generan modificaciones en el registro de presiones plantares en esta zona durante el periodo propulsivo. En líneas generales, estas modificaciones implican un ligero aumento generalizado. Este hecho es contrario a la premisa general de que los materiales fácilmente deformables pueden usarse para amortiguar las presiones plantares en la región metatarsal. Sin embargo, otros estudios similares al presente encontraron una disminución significativa de las presiones plantares en las cabezas metatarsales con el uso de distintos materiales⁸⁻¹³. En nuestro estudio, estas modificaciones se producen en sentido negativo, es decir, los materiales usados como almohadillas metatarsales no generan una disminución de las presiones en la zona estudiada durante el periodo propulsivo, mostrando un ligero incremento de las mismas tal y como se muestra en la [tabla 1](#), donde los valores de presión máxima se incrementaron con la aplicación de cada una de las palmillas amortiguadoras (en la mayoría de los casos sin que estas diferencias fueran significativas).

Diversos autores defienden que la inclusión de materiales debajo de las cabezas metatarsales, con problemas de sobrecarga, generan una disminución de la presión local de la zona afectada además de una sensación subjetiva de disminución del dolor⁸⁻¹⁰. Cierta controversia aparece también en la literatura científica acerca de la localización de las áreas de presión máxima que se producen en el antepié durante el periodo propulsivo¹⁴⁻¹⁶, así como acerca de la morfología del almohadillado y dónde colocar el mismo para ganar eficacia amortiguadora^{8,9}.

Otros autores, de forma contraria, afirman que las soluciones a un problema de metatarsalgia generado por sobrecarga (deportistas o pie de riesgo) surgen de una correcta compensación biomecánica de las presiones del pie mediante el uso de ortesis plantares¹⁷⁻²⁰.

Comparándose los criterios metodológicos seguidos en este ensayo con los protocolos seguidos por otros autores, se observa que este estudio incluye una selección de una muestra asintomática, sana y sin antecedentes podológicos. Son varios los autores que centran las conclusiones de sus estudios en pacientes con clínica de metatarsalgia^{8,11,12} sus resultados son contrarios a los que se han conseguido en esta investigación, lo que podría indicar que quizás cuando las presiones plantares sobrepasan los límites de normalidad, los resultados respecto al efecto amortiguador podrían ser diferentes. Por otro lado, otro de los criterios metodológicos a tener en cuenta de este estudio son las palmillas usadas como tratamiento; estas no presentan corrección ortopodológica ni adaptación alguna al pie, son elaboradas íntegramente con el material a analizar y muestran un aspecto plano con el grosor específico

Tabla 2
Comparación de las presiones máximas plantares con los distintos materiales de amortiguación (Pedilastik®, Poron Medical®, Jogtene®, Confortene®) para cada metatarsiano

Metatarsiano	Control N/cm ²	Pedilastik® N/cm ²	Poron Medical® N/cm ²	Jogtene® N/cm ²	Confortene® N/cm ²	Grado de significación ^a Valor de p
Mtt I	12.96	14.02	14.28	14.46	13.50	0.765
Mtt II	11.22	11.04	12.66	15.33	13.22	0.003*
Mtt III	12.69	13.61	14.28	15.12	13.93	0.092
Mtt IV	11.92	12.89	11.82	13.58	13.82	0.021*
Mtt V	13.65	12.80	11.57	13.31	14.51	0.180
Antepié	12.72	12.87	12.76	14.46	13.69	0.030*

Mtt: metatarsiano.

^a Test de Friedman.

* Valores significativos (sign. p < 0.05).

Tabla 3
Variación de las presiones plantares comparando grupo control con la utilización de los distintos materiales de amortiguación (Pedilastik®, Poron Medical®, Jogtene®, Confortene®) para cada metatarsiano

Metatarsiano	Control N/cm ²	Pedilastik® N/cm ²	Grado de significación ^a Valor de p	Control N/cm ²	Poron Medical® N/cm ²	Grado de significación ^a Valor de p	Control N/cm ²	Jogtene® N/cm ²	Grado de significación ^a Valor de p	Control N/cm ²	Confortene® N/cm ²	Grado de significación ^a Valor de p
Mtt I	12.96	14.02	0.239	12.96	14.28	0.239	12.96	14.46	0.410	12.96	13.5	0.505
Mtt II	11.22	11.04	0.724	11.22	12.66	0.724	11.22	15.33	0,012*	11.22	13.22	0,021*
Mtt III	12.69	13.61	0.306	12.69	14.48	0.306	12.69	15.12	0,041*	12.69	13.93	0.084
Mtt IV	11.92	12.98	0.224	11.92	11.82	0.224	11.92	13.58	0.068	11.92	13.82	0.077
Mtt V	13.65	12.80	0.530	13.65	11.57	0.530	13.65	13.31	0.875	13.65	14.51	0.480
Antepié	12.72	12.87	0.875	12.72	12.76	0.875	12.72	14.46	0,025*	12.72	13.96	0.272

^a Test de Wilcoxon.

* Valores significativos (sign. p < 0.05).

de cada uno de los materiales. Con ello se pretende acotar los resultados obtenidos en los registros de presión a la eficacia de los materiales en la zona de antepié. Esto no ocurre en diversos estudios donde puede apreciarse que se colocan las almohadillas debajo de las cabezas metatarsales pero estas están incluidas en tratamientos ortésicos donde no queda clara la función correctora/compensadora de los mismos^{8,11} y donde la interpretación de los registros de presión obtenidos puede generar confusión.

Una última diferencia metodológica que aporta este estudio con los estudios previos analizados es que, tal y como recomienda la literatura científica, cuando lo que se pretende es obtener una respuesta funcional del pie durante la marcha^{16,21–23} se ha utilizado el sistema de baropodometría empleado, Rs-Scan Insole System®, que se basa en un sistema dinámico de recogida de datos con los sensores de presión introducidos en el calzado. Esta última consideración metodológica es quizás una de las que puede generar mayores discrepancias en los parámetros de presión, ya que las diferencias observadas con otros estudios llevados a cabo con técnicas de baropodometría de medición estática son constantes^{19,20}. En un intento de interpretación de los resultados, se plantea la posibilidad de que el hecho de incluir un material entre los sensores y las cabezas metatarsales en un espacio reducido con limitación frontal y dorsal, por el calzado, produzca un incremento de presión generado, por un lado, por la verticalización que sufre el metatarsiano durante la fase de propulsión¹⁷, y por otro, por la alteración de las propiedades mecánicas (relacionadas con las deformaciones) del material seleccionado al tratarse de un espacio reducido, sometido a tensiones en varios planos²⁴.

La inclusión de materiales en el arco metatarsal sobre una palmilla estándar sin compensación biomecánica genera incremento de presión en las cabezas metatarsales durante el periodo propulsivo. Esta propuesta viene acompañada de ciertas limitaciones de la investigación relacionadas con el pequeño tamaño muestral y que implican, para no caer en interpretaciones erróneas y sesgadas, una consideración de los resultados cautelosa y reservada.

Ante la oferta comercial de diversos materiales centrada en la dureza del material, para distinguir su uso en función de la dolencia y el grado de afección, dado que la respuesta del material no es

puntual en el tiempo, deberíamos considerar otras propiedades de estos materiales, tales como la rigidez o la viscosidad (propiedades viscoelásticas), de manera que podamos determinar la influencia que estas propiedades puedan ejercer en el incremento de las presiones plantares, cuando estos materiales se comprimen bajo la acción del peso corporal durante la marcha.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Light LH, McLellan GE, Klenerman L. Skeletal transients on heel strike in normal walking with different footwear. *J Biomech.* 1980;13:477–80.
- Voloshin A, Wosk J. An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system. *J Biomech.* 1982;15:21–7.
- Jorgensen U, Ekstrand J. Significance of heel pad confinement for the shock absorption at heel strike. *Int J Sports Med.* 1989;9:468–73.
- Jørgensen U, Bojsen-Møller F. Shock absorbency of factors in the shoe/heel interaction with special focus on the role of the heel pad. *Foot Ankle.* 1989;9:294–9.
- Du Vries HL. *Surgery of foot.* 2nd ed St Louis: CV Mosby Co; 1965.
- Moreno de la Fuente JL. *Podología general y biomecánica.* 1.ª ed Barcelona: Masson; 2003.
- Ramos J, Mejías M, Palomo IC, Espino EM, González I. Historias clínicas podológicas: estudio y valoración. *Rev Esp Podol.* 1998;9:88–92.
- Kang JH, Chen MD, Chen SC, Hsi WL. Correlations between subjective treatment responses and plantar pressure parameters of metatarsal pad treatment in metatarsalgia patients: A prospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:95.
- Nubé VL, Molyneaux L, Bolton T, Clingan T, Palmer E, Yue DK. The use of felt deflective padding in the management of plantar hallux and forefoot ulcers in patients with diabetes. *Foot (Edinb).* 2006;16:38–43.
- Rogers K, Otter S, Birch I. The effect of PORON® and Plastazote® insoles have on forefoot plantar pressures. *Br J Podiatr.* 2006;9:111–4.
- Hastings MK, Mueller MJ, Pilgram TK, Lott DJ, Commean PK, Johnson JE. Effect of metatarsal pad placement on plantar pressure in people with diabetes mellitus and peripheral neuropathy. *Foot Ankle Int.* 2007;28:84–8.
- Nordsiden L, van Lunen BL, Walker ML, Cortes N, Pasquale M, Onate JA. The effect of 3 foot pads on plantar pressure of pes planus foot type. *J Sport Rehabil.* 2010;19:71–85.
- Tong JW, Ng EY. Preliminary investigation on the reduction of plantar loading pressure with different insole materials (SRP–Slow Recovery Poron, P–Poron, PPF–Poron+Plastazote, firm and PPS–Poron+Plastazote, soft). *Foot (Edinb).* 2010;20:1–6.

14. Bryant AR, Tinley P, Singer KP. Normal values of plantar pressure measurements determined using the EMED-SF system. *J Am Podiatric Med Assoc.* 2000;90:295–9.
15. Bennett PJ, Duplock LR. Pressure distribution beneath the human foot. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1993;83:674–8.
16. Hayafune N, Hayafune Y, Jacob HAC. Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait. *Foot (Edinb).* 1999;9:88–92.
17. Viladot A. *Patología del antepié.* 4.ª ed Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2001.
18. Galois L, Girard D, Martinet N, Delagoutte JP, Mainard D. Analyse opto-électronique de la marche après astrodèse métatarso-phalangienne de l'hallux. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2006;92:52–9.
19. Martínez AA, Pérez JM, Herrera A, Domingo J, Martínez J. Tratamiento ortopédico de las metatarsalgias y su valoración mediante baropodometría electrónica. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 1998;42:456–62.
20. Perez-García JM, Orrite C, Herrera A. Plantillas de reequilibrio o de compensación. Aportación de la plataforma PDS 93 de alta resolución. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 1996;40:332–5.
21. DeCock A, Willems T, Stal S, de Clercq D. Within-subject variability of plantar pressure patterns in barefoot running. *Fourth World Congress of Biomechanics.* Calgary: 3–8 agosto 2002.
22. Grundy M, Tosh PA, McLeish RD, Smidt L. An investigation of the centres of pressure under the foot while walking. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57:98–103.
23. Martínez A, Hoyos JV, Brizuela G, Ferrús E, González JC. Biofoot-IBV. Una técnica de registro y análisis de la distribución de presiones plantares aplicable a la mejora del rendimiento deportivo. *Colecc ICD: Inv Cienc Deporte.* 2001;19:77–8.
24. París F. *Teoría de la elasticidad.* 3.ª ed Sevilla: Germ; 2000.