



ORIGINAL

Artículo bilingüe español/inglés

Rev Esp Podol. 2021;32(2):86-92

DOI: 10.20986/revesspod.2021.1619/2021

Reducción de las presiones plantares dinámicas en un calcetín experimental. Un estudio preliminar

Reduction of dynamic plantar pressures in an experimental sock. A preliminary report

Juan Miguel Caracuel-López, Raquel Sánchez-Rodríguez, Beatriz Gómez-Martín, Elena Escamilla-Martínez, Alfonso Martínez-Nova, Víctor Manuel Jiménez-Cano

Departamento de Enfermería y Podología. Universidad de Extremadura. Plasencia

Palabras clave:

Postura del pie, cuidado de la piel, pie, salud, calcetines, confort, presión plantar, metatarsianos, metatarsalgia, dolor.

Keywords:

Foot posture, skin care, foot, health, socks, comfort, plantar pressure, metatarsals, metatarsalgia, pain.

Resumen

Objetivos: Las sobrecargas metatarsales se tratan con descargas selectivas, provisionales o definitivas. Así, se propone implantar un elemento de descarga selectiva (forma de U) en el antepié central integrado en unos calcetines. El objetivo de este trabajo fue evaluar el patrón baropodométrico del modelo experimental respecto a un calcetín control fabricado en las mismas fibras y diseño.

Pacientes y métodos: En una muestra de 21 sujetos (9 hombres y 12 mujeres) se analizaron las presiones plantares con la plataforma Footscan® con sus propios calcetines, seguido (de forma aleatoria) con los calcetines control y posteriormente con otros iguales pero con el elemento de descarga en la zona plantar del antepié (calcetines experimentales). Los sujetos contestaron una encuesta de comodidad, mediante una pregunta tipo Likert de 1 a 5.

Resultados: En la tercera cabeza metatarsal se vio una reducción estadísticamente significativa ($p = 0.037$) de los valores de presión plantar, de los 14.9 N/cm^2 de los pacientes descalzos y 14.7 N/cm^2 del calcetín control a los 12.3 N/cm^2 en el calcetín experimental. En relación con el confort, los sujetos puntuaron con un 3.13 ± 0.5 al calcetín control y 4.74 ± 0.5 al calcetín experimental, con una diferencia estadísticamente significativa entre ambos ($p < 0.001$).

Conclusiones: Los calcetines experimentales resultaron más cómodos para los sujetos de la muestra, reduciendo la presión plantar en la tercera cabeza metatarsal. Esto podría conllevar una menor molestia para individuos con predisposición al dolor en dicha zona, así como evitar la aparición de posibles lesiones dérmicas asociadas a la hiperpresión.

Abstract

Objectives: Metatarsal overload is treated through selective off-loads, temporary or definitive. Thus, is proposed the implementation of a selective off-loading element (U-shaped) fitted in socks under the central forefoot. The aim of this study was to assess plantar pressures of the prototype in regard to a control sock made of the same fibers and pattern.

Patients and methods: Plantar pressures of 21 individuals (9 men and 12 women) were analyzed using the platform Footscan® (RSscan int). First, individuals wore their own socks, in the second analysis (randomly) they wore control socks and the socks having the off-loading pad implemented under the forefoot plantar area (experimental socks). Individuals answered a comfort survey, in which Likert scale (from 1 to 5) was used.

Results: A statistically significant reduction ($P = 0.037$) in the plantar pressure values was observed in the third metatarsal head: from 14.9 N/cm^2 in barefooted patients and 14.7 N/cm^2 in patients wearing the control sock to 12.3 N/cm^2 in patients wearing the experimental sock. Regarding comfort, individuals gave a score of 3.13 ± 0.5 to the control sock, and 4.74 ± 0.5 to the experimental sock, showing a statistically significant difference among them ($p < 0.001$).

Conclusions: Experimental socks turned out to be more comfortable for the sample, and to reduce plantar pressure from the third metatarsal head. This could lead on to less discomfort for subjects having predisposition to pain in the area, and to avoid possible dermis injuries related to overpressure.

Recibido: 15-09-2021

Aceptado: 18-10-2021



0210-1238 © Los autores. 2021.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

Alfonso Martínez Nova
podoalf@unex.es

INTRODUCCIÓN

Los pies son la base de sustentación del organismo, compuestos por diferentes huesos, articulaciones, ligamentos, tendones y músculos que soportan el peso corporal y permiten el desarrollo de diferentes acciones (saltar andar y correr)¹. Debido a su íntima interacción con la superficie, estos se encuentran sometidos a una carga continua y a impactos de repetición que, sumado a las alteraciones propias del individuo, así como a alteraciones de la marcha, a problemas estructurales o a desalineaciones óseas, se generan daños en las estructuras elásticas que desencadenan dolencias degenerativas o por sobrecarga^{2,3}.

Se ha estimado que entre el 50 % y el 70 % de la población calzada sufrirá algún tipo de problema podal y que un 90 % de los trastornos afectan al antepié^{2,4}. La sobresolicitación que sufren diariamente las estructuras del pie pueden acabar generando patologías; son habituales los dolores en la zona metatarsal o metatarsalgias y la aparición de callosidades o helomas en la planta del pie⁵. Esta sintomatología suele estar asociada a un aumento de las presiones plantares en la zona central del antepié⁶⁻⁸. Actualmente, la educación del paciente unido al uso de elementos de descarga es la alternativa de tratamiento más utilizada para aliviar estas patologías.

Estos elementos de descarga se pueden realizar con materiales blandos, tipo fieltro o espumas de diferente composición. El diseño cubriría la zona metatarsal a excepción del sector sobrecargado y/o dolorido, adoptando la forma de una U o herradura. De esta forma se conseguiría reducir las elevadas presiones plantares y liberar de presión la zona deseada, eliminando las fuerzas externas derivadas del suelo, con el propósito de eliminar la sintomatología asociada⁹.

La descarga selectiva en el antepié se puede lograr mediante diferentes métodos¹⁰. Con la ayuda fieltros adhesivos se pueden conseguir descargas selectivas temporales, pero estas deben ser sustituidas en un corto periodo de tiempo⁹. La descarga puede integrarse, con una duración más prolongada, en ortesis plantares, elevando el plano de contacto de los metatarsianos que menos carga soportan y así liberar de presión la zona deseada^{2,11,12}. Ambos métodos se tratan de un elemento externo a la indumentaria habitual del usuario y que además se ve sometido a intensos desgastes. Por ello, sería deseable disponer de elementos de descarga de la zona metatarsal, fáciles de usar por parte de

un usuario y que no supongan grandes alteraciones en su indumentaria habitual.

Los calcetines, un elemento común en la vida diaria, han sido utilizados como dispositivo de integración de distintos elementos beneficiosos para la salud¹³⁻¹⁵. Sin embargo, ninguno de estos ha utilizado de manera específica el área plantar del calcetín. Así, se ha propuesto un modelo de calcetines con un elemento de descarga integrado en el cuerpo del calcetín para dotarlo de los potenciales efectos beneficiosos que pudiera tener un elemento de descarga provisional o definitivo¹⁶. Este está conformado por una zona acolchada (realizada con diferentes hilos tejidos sobre la base del calcetín) con una discontinuidad o abertura en forma de herradura (U) con abertura anterior en la zona de la segunda y tercera cabeza metatarsal, con un grosor de aproximadamente +3 mm respecto al grosor del resto del calcetín. Esto podría tener el efecto de aumentar el confort y aliviar la carga en la zona, reduciendo el dolor o las molestias asociadas a una hiperpresión. Estos potenciales efectos beneficiosos podrían ser de gran utilidad en calcetines destinados a realizar largas caminatas, o durante diferentes etapas.

Sin embargo, esta propuesta de calcetín no ha sido testada para evaluar su eficacia, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las presiones plantares en un momento inicial y compararlas con el uso del calcetín comercial normal de control (*Lurbel Tierra*, MLS Textiles 1992 SL, Ontinyent, España) y el uso del calcetín con la descarga metatarsal selectiva en segunda y tercera articulación metatarsal (experimental, *Lurbel Tierra* modificado).

PACIENTES Y MÉTODOS

Se plantea un estudio piloto de tipo experimental, transversal y analítico. Los sujetos fueron informados de forma verbal y escrita sobre los objetivos y procedimiento a seguir, firmando el consentimiento informado. El estudio fue aprobado por la comisión de bioética y bioseguridad de la Universidad de Extremadura (Id: 180//2020) y registrado en clinicaltrials.gov con el número NCT04697914. La muestra de conveniencia se compuso de 21 sujetos (9 hombres y 12 mujeres) activos deportivamente, con una edad media de 27.2 años (rango, 19-52 años). Las características antropométricas se muestran en la Tabla I.

Tabla I. Características antropométricas de la muestra.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Años	21	19	52	27.29	10.189
Peso (kg)	21	53.0	103.0	67.752	11.4441
Altura (m)	21	1.5	1.8	1.672	0.0810
IMC (kg/m ²)	21	19.0	32.9	24.152	3.0844

IMC: índice de masa corporal.

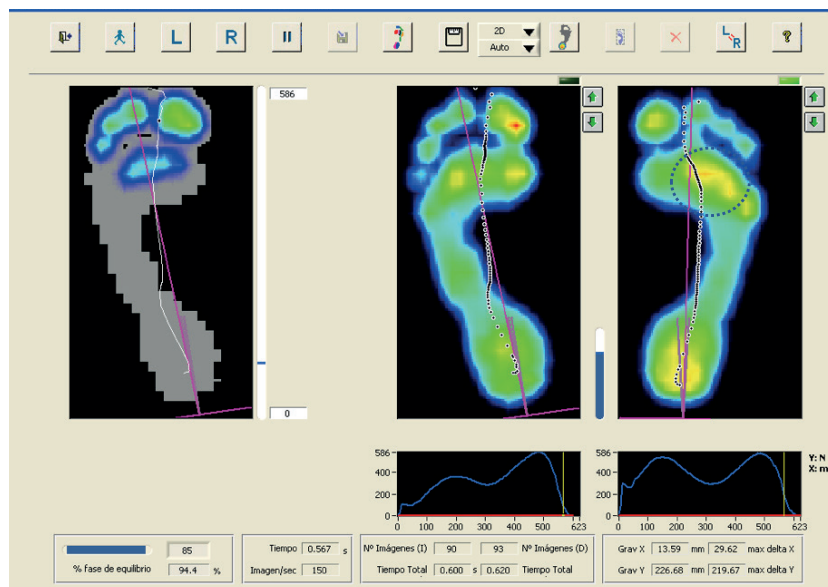


Figura 1. Mapa de presiones con el sujeto descalzo. Zona de hiperpresión leve [color amarillo y naranja] en la segunda y tercera cabeza metatarsal, pie derecho.

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión para el estudio fueron: a) sujetos entre 18 y 65 años, b) presentar un pie estructuralmente normal, sin deformidades evidentes, c) no presentar dolor importante en la zona plantar del pie. Se permitieron personas que presentaban pequeñas molestias en la zona central anterior y plantar del pie al caminar correr o hacer deporte. Estas molestias se caracterizaban por aparecer ocasionalmente, por presentar hiperqueratosis leves y no dolorosas. En ningún caso estas molestias les impedían realizar su actividad normal.

Los criterios de exclusión para el estudio fueron: a) sujetos con presencia de enfermedades infectocontagiosas en la piel plantar, por ejemplo, verrugas plantares; b) sujetos con vendajes, escayolas o férulas a nivel de extremidad inferior o patrón de marcha anormal; c) sujetos que hubieran sufrido fracturas en la extremidades inferiores o que hubieran sido operados en las mismas en los últimos 12 meses.

Medición de las presiones plantares

El equipo baropodométrico empleado fue la plataforma de presiones Footscan® (RSscan International, Beringuer, Bélgica), que ha mostrado una buena fiabilidad¹⁷. Para la adquisición de las mediciones se siguió el protocolo del segundo paso, que se ha mostrado fiable y con buena repetibilidad¹⁸. Se instruyó a cada sujeto sobre la manera de pisar en la plataforma y no se tomaron mediciones hasta que se familiarizaron con el sistema. El sujeto pasó por la plataforma con su propio calcetín, tomando la referencia previa. Posteriormente, uno de los investigadores le entregó el calcetín control (*Lurbel Tierra*) o el experimental (*Lurbel Tierra* con placa de descarga) aleatoriamente, para no interferir en los resulta-

dos. Los participantes estuvieron cegados al estudio, no así los investigadores. De este modo, los sujetos de la muestra no conocían cuál de los 2 modelos probados resultó ser el experimental. Tras esta entrega, puesta y ajuste del calcetín, se tomó una nueva medición de las presiones plantares, de la misma forma que previamente. A posteriori, se proporcionó el otro par de calcetines con el que se tomaría la tercera medición baropodométrica. Se tomaron un total de 3 mediciones válidas con cada pie y modelo de calcetín. Con el software asociado se dividió el antepié en 7 zonas (primer dedo, dedos menores y de primera a quinta cabeza metatarsal) (Figura 1). La variable analizada fue la presión máxima en la zona. Para el análisis estadístico se empleó la media de las 3 mediciones, para que la medida no dependiera de la variabilidad de los pasos.

Calcetines

El calcetín control fue el modelo para caminar *Lurbel Tierra* (composición 50 % Regenactiv®, 25 % Cool-Tech®, 17 % poliamida ionizada y 8 % licra; Figura 2, izquierda). El calcetín experimental, con la descarga, fue diseñado sobre el mismo modelo anterior, pero con el elemento de descarga (Figura 2, derecha) en el antepié basado en el modelo de utilidad ES1247681¹⁶. Dicha descarga estaba tejida sobre el propio calcetín, con hilo de la misma composición (en color rojo, con fibras Regenactiv®, Cool-Tech® y poliamida ionizada), de forma que se constituía la diferencia de grosor respecto al calcetín control.

Cuando los participantes habían caminado las 3 veces sobre la plataforma de presiones, contestaron una pregunta relativa a la comodidad, que puntuaron de 1 a 5 (1 muy incó-



Figura 2. Izquierda: calcetín control (hilos grises) y experimental (hilos rojos). Derecha: detalle de la descarga central integrada en el calcetín experimental.

modo, 2 incómodo, 3 neutral, 4 cómodo y 5 muy cómodo). Los sujetos no conocían cuál era el modelo experimental o control, ya que puntuaron al calcetín con hilos rojos o grises (Figura 2). En el test sobre confort también se permitió una respuesta abierta por parte de los participantes.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se tomaron en cuenta las presiones plantares del pie derecho, elegido al azar¹⁹. Los datos de presión se ajustaron a la normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov, $p > 0.05$), por lo que se aplicó un test ANOVA para medidas repetidas. Para la comparativa de la comodidad se realizó una prueba *t* de student para muestras relacionadas. Los análisis estadísticos de los resultados se llevaron a cabo realizaron mediante el programa SPSS versión 22.0 (licencia campus UEX). Se realizó una prueba de contraste de hipótesis en la que se estableció un nivel de significación del 5 % ($p < 0.05$).

RESULTADOS

En el momento inicial, las presiones plantares más altas se situaron en la tercera cabeza metatarsal con 14.9 ± 4.3 N/cm²,

seguida de la segunda cabeza con 12.9 ± 3.8 N/cm² (Tabla II). El valor de presión plantar más bajo se obtuvo en los dedos menores, con 3.7 ± 2.7 N/cm². Comparando los valores previos con los calcetines control y experimental se encontró que las presiones plantares en las zonas del primer dedo, los dedos menores, primera cabeza metatarsal y cuarta y quinta cabeza metatarsal permanecieron inalterables en las 2 condiciones en las que caminaron los sujetos. En la tercera cabeza metatarsal (zona central del antepié) se vio una reducción estadísticamente significativa ($p = 0.037$) de los valores de presión plantar, de los 14.9 N/cm² de los pacientes descalzos y 14.7 N/cm² del calcetín control a los 12.3 N/cm² en el calcetín experimental (Tabla II). En la zona de la segunda cabeza metatarsal, parece existir una tendencia de menor presión plantar en el calcetín experimental, aunque no resulta estadísticamente significativa ($p = 0.065$).

Con relación al confort, los sujetos puntuaron con un 3.13 ± 0.5 al calcetín control y con un 4.74 ± 0.5 al calcetín experimental, con una diferencia estadísticamente significativa entre ambos ($p < 0.001$). Entre las respuestas abiertas que nos ofrecían se encontraban los comentarios (por frecuencia de respuestas): 1) Experimental más cómodo y acolchado; 2) Control: cómodos y confortables, Experimental: más mullidos y 3) Experimental: mullido y caliente, Control: caliente y menos mullido. Estas puntuaciones fueron otorgadas por comparación entre ambos calcetines.

DISCUSIÓN

La nueva propuesta de calcetín, que incorpora un elemento de descarga selectiva a nivel del antepié central, ha conseguido liberar el área comprometida alejando su contacto con el suelo, lo que se ha reflejado en una menor presión plantar en la zona. Este mismo efecto ha sido observado en elementos similares, como descargas con fieltro o EVA de diferentes densidades^{11,12,20}. El actual diseño propuesto, con descarga en el centro del antepié, se planteó debido a que las mayores presiones plantares en la región anterior del pie se encuen-

Tabla II. Comparativa de los valores de presión plantar en las 3 situaciones.				
Estadísticos descriptivos				
	Previa	Control	Experimental	Valor de p
	N/cm ²			
Primer dedo	9.3 ± 4.7	9.7 ± 5.6	9.2 ± 4.7	0.545
Dedos menores	3.7 ± 2.7	3.4 ± 3.2	2.9 ± 2.2	0.641
Primera CMT	6.8 ± 2.9	6.9 ± 3.8	6.2 ± 2.9	0.443
Segunda CMT	12.9 ± 3.8	11.8 ± 5.1	11.0 ± 4.7	0.065
Tercera CMT	14.9 ± 4.3	14.7 ± 9.7	12.3 ± 4.6	0.037
Cuarta CMT	10.8 ± 4.9	10.1 ± 6.3	10.2 ± 5.0	0.633
Quinta CMT	5.4 ± 4.0	4.0 ± 2.3	4.5 ± 3.8	0.128

CMT: cabeza metatarsal.

tran en su parte central, aunque aún existe controversia sobre si es la segunda o la tercera cabeza metatarsal la que mayor presión soporta. Domingo-Cebollada y cols.²¹, al igual que en nuestro estudio, muestran que los mayores picos de presión se encuentran en la tercera cabeza metatarsal, sin embargo otros otorgan esta mayor presión a la segunda cabeza metatarsal^{22,23}. Aun así, el predominio de la zona central del antepié es evidente.

El desarrollo de dolor e hiperqueratosis por sobrecarga es quizá la causa más común de dolor en el pie^{5,6,8,24}. Las personas con dolor en el antepié generalmente muestran mayores valores de presión plantar si se comparan con personas que no presentan dolor^{25,26}. Este aumento de la carga plantar puede estar relacionado con el deterioro de los sistemas amortiguadores del pie, por ejemplo, la disminución del grosor de la almohadilla plantar²⁷. Así, para mitigar esta sobrecarga, pueden emplearse distintos materiales con capacidad de amortiguación, con el objetivo de sustituir la almohadilla plantar^{9,28}. Diversos estudios demuestran que dichos materiales de descarga disminuyen significativamente la presión en la zona metatarsal²⁹⁻³³, pudiendo emplearse de manera provisional, con fieltros removibles, o estar incorporados en ortesis plantares personalizadas^{11,12,20}.

El uso de descargas fenestradas, con aberturas selectivas que acogen la zona sobrecargada, ha mostrado mejores resultados respecto a otras que incluyen materiales amortiguadores que cubrían todas las cabezas metatarsales²⁸. De este modo, el diseño elegido en el calcetín experimental, con el almohadillado que adopta la forma de herradura o U con la abertura proximal, evita la posibilidad de encapsular cualquier tejido y la posible formación de edemas de ventana.

Además este diseño ha mostrado una mayor capacidad de reducir las presiones localizadas que descargas con forma de O o donut que pueden llegar a aumentar la presión de la zona³¹.

Mediante la utilización del calcetín experimental se ha observado que la mayor reducción de carga se produce justo en la zona con mayor valor de presión, que fue en la tercera cabeza metatarsal. Con el calcetín experimental se ha conseguido disminuir la presión en dicha zona un 17.45 %. Nordisen y cols.³¹ describen una disminución de la presión del 6.51 % mediante fieltros de 3 mm, grosor muy parecido al que posee el elemento implementado en nuestro calcetín. Sin embargo, utilizando descargas más gruesas, con fieltros de 5 mm, se pueden conseguir reducciones entre el 25.5 % y el 31.07 %^{9,34}. Así, con el calcetín de descarga hemos conseguido una reducción similar a la obtenida con fieltros de mayor grosor. Además, esta reducción de presión será de forma mantenida en el tiempo, en oposición a lo demostrado con el uso de fieltros adhesivos, dado que pasados varios días la presión vuelve a aumentar³⁴. En las Figuras 1, 3 y 4 se presenta un caso tipo que resumiría nuestros resultados, con el foco de presión plantar en la zona de la segunda y tercera cabeza metatarsal (círculo azul).

Así pues, el modelo de calcetín experimental es una alternativa de tratamiento para reducir las hiperpresiones plantares y el dolor que desencadenan. Puesto que han sido puntuados como más cómodos que los control, podrían ser utilizados como elemento de la vida diaria por aquellos individuos que presenten molestias en el área metatarsal central o hiperqueratosis leve en el centro del antepié. Además, estos calcetines serían una forma ideal de aliviar

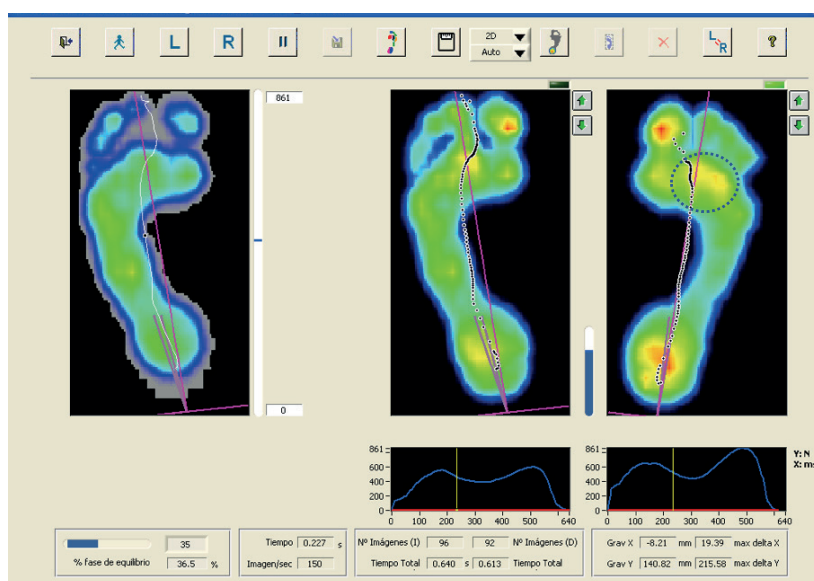


Figura 3. Mapa de presiones con el calcetín control [Tierra]. Con el calcetín control, la zona de hiperpresión leve sigue existiendo (color amarillo y naranja), aunque reducida, pie derecho.

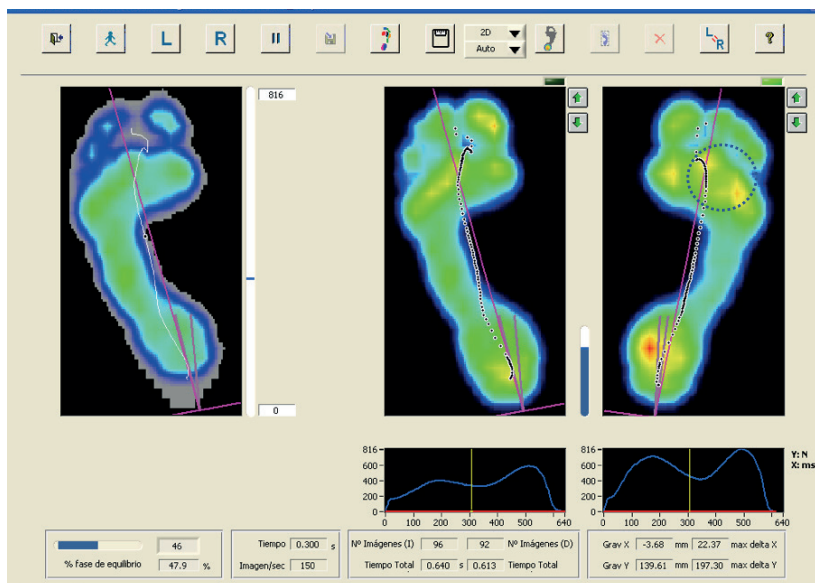


Figura 4. Mapa de presiones con el calcetín experimental. Se comprueba la desaparición de la zona de hiperpresión leve, pie derecho.

el dolor que se manifiesta a lo largo de la práctica deportiva por sobresolicitación de la zona metatarsal en actividades de duración prolongada como, por ejemplo, el senderismo, *trekking*, *trail* o *running*, entre otros, y podrían reducir la prevalencia de hiperqueratosis³³. En cambio, los calcetines no sustituirían un tratamiento ortopédico orientado a compensar alteraciones del pie, aunque también podrían ser usados de manera coadyuvante. De igual forma, la utilización del almohadillado incluido en el calcetín presenta la ventaja de poder utilizar un elemento de descarga de forma cómoda; este queda adaptado al contorno del pie y ocupa poco espacio, por consiguiente, sería aconsejable para diferentes momentos de la vida cotidiana en los que el uso de calzado no permite la utilización y adaptación de ortesis plantares en su interior.

El presente estudio tiene algunas limitaciones. Una de ellas puede ser el corto espacio de tiempo en el que los calcetines demuestran su eficacia. Así, la eficacia a largo plazo de los calcetines debe ser todavía testada. Otra posible limitación es el tiempo de eficacia del calcetín, ya que dependiendo de su uso (deportivo, caminar o senderismo), podría tener una durabilidad menor. Se está trabajando para valorar estos aspectos, como su eficacia a largo plazo, y también comprobar si el uso y lavado de los mismos puede limitar la reducción de las presiones plantares dinámicas.

En conclusión, el presente estudio ha mostrado que los calcetines experimentales han conseguido una reducción eficaz de la presión plantar en la tercera cabeza metatarsal y se han mostrado más cómodos que los calcetines control. Esta reducción de la carga podría conllevar una menor molestia para los sujetos en dicha zona, así como evitar la aparición de

posibles lesiones dérmicas asociadas a la hiperpresión (como las durezas, callos o ampollas) en sujetos con predisposición a sobrecargar dicha zona metatarsal.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que la empresa MLS textiles 1992, fabricante de los calcetines Lurbel, ha fabricado y cedido desinteresadamente los calcetines experimentales a los autores. La empresa ha licenciado los derechos de explotación del citado modelo de utilidad a la Universidad (propietaria de los derechos de la misma). No existe vínculo económico directo entre la empresa y ninguno de los autores del estudio.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

La empresa MLS textiles 1992 cedió de forma gratuita los calcetines para la realización del estudio. Fuera de esta aportación, el estudio no contó con ninguna otra fuente de financiación externa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez Hernández E, de Loera Rodríguez C, Cobar Bustamante A, Martín Oliva X. Biomecánica funcional del pie y tobillo: comprendiendo las lesiones en el deportista. *Orthotips*. 2016;12(1):6-11.
2. Dominguez G, París-García F, Carrasco L. Eficácia dos materiais de amortecimento usado em ortopedia plantar para o tratamento da sobrecarga metatarsal. *Rev Andal Med Deport*. 2016;9(4):148-53. DOI: 10.1016/j.ramd.2015.04.005.
3. Zulkifli SS, Loh WP. A state-of-the-art review of foot pressure. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(1):25-32. DOI: 10.1016/j.fas.2018.12.005.
4. Chahal GS, Davies MB, Blundell CM. Treating metatarsalgia: current concepts. *Orthop Trauma*. 2020;34(1):30-6. DOI: 10.1016/j.mporth.2019.11.005.
5. Llanos Alcázar LF, García Fernández D, Garijo Larraínzar R. Metatarsalgia mecánica. Osteotomía cervicocapital de Weil y sus modificaciones. *Rev Pie Tobillo*. 2007; 21(Extra):65-72.

6. Espinosa N, Brodsky J, Maceira E. Metatarsalgia. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(8):474-85. DOI: 10.5435/00124635-201008000-00004.
7. Chang BC, Liu DH, Chang JL, Lee SH, Wang JY. Plantar pressure analysis of accommodative insole in older people with metatarsalgia. *Gait Posture.* 2014;39(1):449-54. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.08.027.
8. Gómez Jurado I, Benhamú Benhamú S. Influencia de la biomecánica del pie en la localización de las hiperqueratosis metatarsales. *Podol Clin.* 2019;20(4):84-9.
9. Nieto Gil M, Ortega Avila A, Pardo Rios M, Gijon Noguero G. Effectiveness and duration of plantar pressure off-loading by two designs of felt padding: a preliminary study. *J Am Pod Med Assoc.* 2019;109(6):431-6. DOI: 10.7547/17-146.
10. Llopart Lobato L, Ruiz Arredondo D. Descargas provisionales. *Rev Esp Podol.* 1998;9(3):127-57.
11. Chul Hyun P, Min Cheol C. Forefoot disorders and conservative treatment. *Yeungnam Univ J Med.* 2019;36(2):92-8. DOI: 10.12701/yujm.2019.00185.
12. Vargas Negrín F. Metatarsalgia. *FMC.* 2020;27(3):139-44.
13. Bolea Monzón M. Calcetín o media para aliviar síntomas generados por la artritis reumatoide/artrosis. España; Patent ES 1 136 456 U, 2015.
14. Ruiz Ferrero MDR. Calcetines ortopédicos. España; Patent ES 1 219 086 U, 2018.
15. Thorneburg JL. Calcetín para la práctica del atletismo. España; Patent ES 1 005 116 U, 1988.
16. Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez R, Escamilla-Martínez E, Gómez-Martín B. Calcetín de alivio metatarsal. España; Patent ES 1247681 U, 2020.
17. Xu C, Wen XX, Huang LY, Shang L, Yang Z, Yan YB, et al. Reliability of the Footscan® Platform System in Healthy Subjects: a comparison of without Top-Layer and with Top-Layer Protocols. *Biomed Res Int.* 2017;2017:2708712. DOI: 10.1155/2017/2708712.
18. Bus SA, de Lange A. A comparison of the 1-step, 2-step, and 3-step protocols for obtaining barefoot plantar pressure data in the diabetic neuropathic foot. *Clin Biomech.* 2005;20(9):892-9. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.05.004.
19. Menz HB. Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. *Foot.* 2004;14(1):2-5. DOI: 10.1016/S0958-2592(03)00047-6.
20. Sánchez Rodríguez R, Martínez Nova A, Querol Martínez E, Crespo Martínez A, Cuevas García J. Estudio comparativo del diseño de cuatro tratamientos ortopodológicos para la descarga de la segunda cabeza metatarsal. *Rev Esp Podol.* 2006;17(4):146-9.
21. Domingo-Cebollada J, Herrera-Rodríguez A, Martínez-Martín AA, Panisello-Sebastiá JJ. Comparación del patrón de apoyo metatarsal entre sujetos sanos y portadores de prótesis total de rodilla. *Rev Pie Tobillo.* 1999;13(1):9-17.
22. Martínez-Nova A, Pascual-Huerta JP, Sánchez-Rodríguez R. Cadence, age, and weight as determinants of forefoot plantar pressures using the Biofoot in-shoe system. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008;98(4):302-10. DOI: 10.7547/0980302.
23. Bryant AR, Tinley P, Singer KP. Normal values of plantar pressure measurements determined using the EMED-SF system. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000;90(6):295-9. DOI: 10.7547/87507315-90-6-295.
24. Gutiérrez Mendoza I, López Almejo L, Clifton Correa JF, Navarro Becerra E, Villarruel Sahagún JA, Zermeño Rivera J, et al. Neuroma de Morton. *Orthotips.* 2014;10(2):117-23.
25. Keijsers NLW, Stolwijk NM, Louwerens JWK, Duysens J. Classification of forefoot pain based on plantar pressure measurements. *Clin Biomech.* 2013;28(3):350-6. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2013.01.012.
26. Bernal Jiménez P, Domínguez Maldonado G. Presiones plantares de las patologías más frecuentes en el pie. *Eur J Pod.* 2016;2(2):57-68. DOI: 10.17979/ejpod.2016.2.2.1496.
27. Miralles RC. Biomecánica de los sistemas amortiguadores del pie. *Rev Pie Tobillo.* 2003;17(1):55-60.
28. Männikkö K, Sahlman J. The effect of metatarsal padding on pain and functional ability in metatarsalgia. *Scand J Surg.* 2017;106(4):332-7. DOI: 10.1177/1457496916683090.
29. 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(1):1-8. DOI: 10.1186/1471-2474-7-95.
30. Tong JWK, Ng EYK. 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.* 2010;20(1):1-6. DOI: 10.1016/j.foot.2009.12.004.
31. Nordsiden L, van Lunen B, Walker M, Cortes N, Pasquale M, Onate J. The effect of 3 foot pads on plantar pressure of pes planus foot type. *J Sport Rehabil.* 2010;19(1):71-85. DOI: 10.1123/jsr.19.1.71.
32. Landorf K, Ackland C, Bonanno D, Menz H, Forghany S. Effects of metatarsal domes on plantar pressures in older people with a history of forefoot pain. *J Foot Ankle Res.* 2020;13(1):17. DOI: 10.1186/s13047-020-00388-x.
33. Scirè V, Leporati E, Teobaldi L, Nobili L, Rizzo L, Piaggese A. Effectiveness and safety of using podikon digital silicone padding in the primary prevention of neuropathic lesions in the forefoot of diabetic patients. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2009;99(1):28-34. DOI: 10.7547/0980028.
34. Curran M, Ratcliffe C, Campbell J. A comparison of types and thicknesses of adhesive felt padding in the reduction of peak plantar pressure of the foot: a case report. *J Med Case Rep.* 2015;9(1):1-6. DOI: 10.1186/s13256-015-0675-8