



ORIGINAL  
Artículo en español

Rev Esp Podol. 2022;33(2):88-95  
DOI: 10.20986/revesppod.2022.1641/2022

## Presiones plantares en dos modelos de calcetín con diferente separación de ondas tridimensionales

*Plantar pressues in two sock models with different three-dimensional wave separation*

Miriam Niño González, Raquel Sánchez-Rodríguez, Elena Escamilla Martínez, Beatriz Gómez Martín, Alfonso Martínez Nova y Juan Francisco Morán Cortés

Centro Universitario de Plasencia. Universidad de Extremadura. Cáceres, España

### Palabras clave:

Calcetín, presiones plantares, confort, baropodometría.

### Resumen

**Objetivos:** Cambios en el diseño tridimensional plantar del calcetín podrían tener un efecto en las presiones plantares, por lo que el objetivo de este trabajo fue valorar las presiones plantares dinámicas tras una carrera de 10 km en dos modelos de calcetines con diferente configuración de ondas plantares.

**Pacientes y métodos:** En una muestra de 20 sujetos (14 hombres y 6 mujeres) se analizó el patrón de presiones plantares previas con la plataforma Footscan® (RsScan int), llevando de forma aleatoria un calcetín en cada pie (AWC 1 o AWC 2.1). Tras una carrera de 10 km se hizo la exploración baropodométrica posterior y contestaron a una encuesta de comodidad y características fisiológicas de los calcetines, mediante una pregunta tipo Likert de 1 a 5.

**Resultados:** En el calcetín AWC 1 se vio un aumento estadísticamente significativo de la presión plantar en la 1.<sup>a</sup> (de  $13.1 \pm 4.5$  N/cm<sup>2</sup> a  $15.5 \pm 5.4$  N/cm<sup>2</sup>,  $p = 0.003$ ) y 2.<sup>a</sup> cabeza metatarsal (de  $9.8 \pm 3.6$  N/cm<sup>2</sup> a  $15.1 \pm 5.6$ ,  $p = 0.005$ ) tras la carrera. Sin embargo, en el calcetín AWC 2.1 los valores tras la carrera mostraron valores similares a la pre-carrera. Comparando ambos pies, existió mayor presión bajo la 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup>, y 3.<sup>a</sup> cabezas metatarsales de los pies que llevaron el AWC 1 ( $p = 0.047$ ;  $p = 0.038$ ;  $p = 0.044$ , respectivamente).

**Conclusiones:** El calcetín AWC 2.1 mantiene estables las presiones plantares en la zona del antepié tras la carrera, lo que podría ser beneficioso para evitar la aparición de lesiones o malestar en la zona.

### Keywords:

Sock, plantar pressures, comfort, baropodometry.

### Abstract

**Objectives:** Changes in the 3-D plantar design of the sock could have an effect in plantar pressures, so the aim of this work was to assess dynamic plantar pressures after a 10 km run in two models of socks with different plantar wave configuration.

**Patients and methods:** In a sample of 20 subjects (14 men and 6 women) the pattern of plantar pressures was analyzed with the Footscan® platform (RsScan int), randomly wearing one sock on each foot (AWC 1 or AWC 2.1). After a 10 km run, they underwent a baropodometric scan and answered a survey on the comfort and physiological characteristics of the socks, using a Likert-type question from 1 to 5.

**Results:** In AWC 1 sock a statistically significant increased in plantar pressure was seen in the 1<sup>st</sup> (from  $13.1 \pm 4.5$  N/cm<sup>2</sup> to  $15.5 \pm 5.4$  N/cm<sup>2</sup>,  $p = 0.003$ ) and 2<sup>nd</sup> metatarsal head (from  $9.8 \pm 3.6$  N/cm<sup>2</sup> to  $15.1 \pm 5.6$ ,  $p = 0.005$ ) after the running race, while in AWC 2.1 sock the values after the run showed similar values to the pre-run. Comparing both feet, there was higher pressure under the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> metatarsal heads of the feet wearing AWC 1 ( $p = 0.047$ ;  $p = 0.038$ ;  $p = 0.044$ , respectively).

**Conclusions:** The AWC 2.1 sock maintains stable plantar pressures in the forefoot area after running, so it could be beneficial in preventing the development of injuries or discomfort in the area.

Recibido: 27-05-2022

Aceptado: 05-07-2022



0210-1238 © Los autores. 2022.  
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/](http://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Correspondencia:  
Alfonso Martínez Nova  
podoalf@unex.es

## Introducción

La carrera es una de las actividades más populares entre la población de todo el mundo. Es la práctica deportiva que más ha aumentado en las últimas décadas, gracias a su fácil acceso y bajo coste<sup>1</sup>. En la Unión Europea se estima que el número total de corredores es de 50 millones, mientras que en Estados Unidos más de 40 millones de personas lo hacen regularmente<sup>2</sup>. Correr aporta grandes beneficios para la salud, como mejorar la condición física y/o un estilo de vida más saludable, que se ha relacionado con la longevidad y la reducción de enfermedades cardiovasculares<sup>1,3</sup>. Una parte fundamental para el desarrollo de la carrera es el pie, en el que se ejerce aproximadamente unas 2.5 veces el peso corporal durante la carrera<sup>4</sup>. Este elevado impacto puede derivar en alteraciones en las presiones plantares<sup>4-6</sup>.

Hasta el 26 % de las lesiones en corredores se producen en el tobillo-pie<sup>7</sup>, y algunas de ellas a nivel dermatológico. Estas lesiones se producen por factores intrínsecos, como biomecánicos, anatómicos o nutricionales, y por factores extrínsecos, como técnicas inadecuadas, superficie, calzado y calcetines incorrectos<sup>1</sup>; son estos los factores que se podrían cambiar. Las lesiones más frecuentes en el pie son las metatarsalgias, las fracturas por estrés en los metatarsianos y la fascitis plantar<sup>2</sup>. Weist y cols.<sup>8</sup> demostraron un aumento de la presión plantar en el antepié, disminuyendo debajo de los dedos, de esta manera se demuestran las fracturas por estrés y las metatarsalgias.

Un elemento común que usamos prácticamente a diario en nuestra vida es el calcetín, que se ha mostrado eficaz para reducir las hiperpresiones plantares, tanto en actividades de la vida diaria<sup>9</sup> como en actividades deportivas y en algunas patologías, como pueden ser la diabetes o la artritis reumatoide<sup>10</sup>. Se ha comprobado la eficacia de la reducción de las presiones plantares en pies diabéticos con calcetines que presentan distintas densidades en zonas de exceso de presión<sup>10-12</sup>. También se han investigado calcetines con la misma función, pero para artritis reumatoide dolorosa, siendo también efectivos<sup>13,14</sup>. En los últimos años se han desarrollado calcetines inteligentes con sensores capaces de monitorizar la temperatura y la humedad del pie, factores muy predisponentes en la aparición de úlceras, ampollas y otras lesiones dérmicas en zonas de presión elevada<sup>15</sup>.

Los calcetines específicos para el deporte surgieron en la década de los 70, incorporando a sus diseños zonas acolchadas en determinados puntos de la planta del pie para garantizar protección durante la práctica deportiva. Su diseño es muy variado, depende del tipo de punto, de la densidad, de las fibras o del tipo de máquina de fabricación<sup>16</sup>. Las fibras que más se utilizan para la fabricación de calcetines deportivos son las sintéticas; son más cómodas, han demostrado una

mayor amortiguación y también mantienen los pies más secos<sup>16</sup>. Los calcetines más densos presentan sus fibras más unidas, recogiendo muy bien el tejido blando, haciendo que la presión plantar disminuya. En los calcetines delgados las fibras están más separadas entre sí, por lo tanto el tejido blando tiene más capacidad de expansión, aumentando la presión plantar<sup>14</sup>.

En el mercado existe una amplia variedad de calcetines y medias deportivas, por ello sería interesante la incorporación de unos calcetines con una composición tridimensional, destinados a la reducción de las presiones plantares, que sean cómodos para el corredor. Así, se han propuesto dos modelos de calcetines diferentes, uno presenta unas ondas plantares más unidas entre sí (3 mm), y el otro unas más separadas entre sí (5 mm). Por la función que presentan, explicada anteriormente, podrían ser beneficiosos para disminuir la presión plantar, aumentando así el confort y el alivio en las zonas de hiperpresión, reduciendo la aparición de lesiones asociadas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comprobar el efecto de los dos modelos de calcetines, ambos con el mismo diseño tridimensional plantar, pero con una composición diferente en la separación de sus ondas, en la distribución de las presiones plantares después de una carrera de 10 kilómetros.

## Pacientes y métodos

Se planteó un estudio de tipo prospectivo, experimental y analítico. Los sujetos fueron informados de forma verbal y escrita sobre los objetivos y procedimiento a seguir, firmando el consentimiento informado. La muestra se compuso de 20 sujetos (14 hombres y 6 mujeres) activos deportivamente, con una edad media 37.7 años de edad, un peso medio de 65.05 kg, una altura media de 1.69 metros y un índice de masa corporal de 22.69 (Tabla I).

Los criterios de inclusión para el estudio fueron: a) sujetos entre 15 y 65 años, b) activos deportivamente, c) presentar un pie estructuralmente normal, sin deformidades evidentes, y d) no presentar dolencias importantes en la planta del pie, permitiendo molestias leves durante la carrera en la zona del antepié, ocasionadas por hiperqueratosis. En ningún caso estas molestias les impedían realizar su actividad normal. Se excluyeron aquellos sujetos que: a) presentaran grandes dolencias en extremidad inferior que modificara el patrón de marcha normal; b) tuvieran vendajes, escayolas o férulas a nivel de extremidad inferior; c) sufrieran fracturas o roturas en extremidades inferiores o que las hubiesen padecido en los últimos 12 meses; y d) hubieran sido operados a nivel de extremidad inferior en los últimos 12 meses.

**Tabla I. Características antropométricas de las muestras.**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estándar
Edad	20	15	53	37.70	11.622
N.º pie	20	36	45	41.17	2.208
Peso	20	52	84	65.05	8.287
Altura	20	2	2	1.69	0.063
IMC	20	19.6	28.1	22.69	2.2044



**Figura 1.** Modelo AWC 1 en pie izquierdo y AWC 2.1 en pie derecho.

#### Protocolo de intervención

Tras recibir al paciente y anotar los datos antropométricos y de filiación, se les entregaron dos calcetines y se les colocó un calcetín en cada pie (Figura 1), con configuración plantar de ondas separadas y otro con un patrón de ondas más cercanas. La aplicación de cada uno fue elegida de forma aleatoria entre pie izquierdo y derecho.

#### Calcetines

Se evaluaron los calcetines Lurbel® Pro-Line AWC 1 y 2.1 (mils Textiles 1992, Ontinyent, Valencia). Ambos estaban compuestos en un 50 % de regenactiv (fibra de base celulósica aditivada con partículas iónicas de quitosano), 25 % Cool-Tech, 17 % poliamida ionizada y 8 % lycra. Ambos calcetines tenían incorporada la tecnología AWC (Air Waves Control), consistente en una onda de material más denso sobre el tejido base del calcetín. La diferencia entre ambos modelos fue la separación entre las ondas (Figura 2). Con los calcetines puestos en los pies de los corredores (talla M, 39-42), el modelo AWC 1 tenía una configuración plantar de ondas con separación de 5 mm, mientras que el AWC 2.1 las tenía de 3 mm (Figura 1).

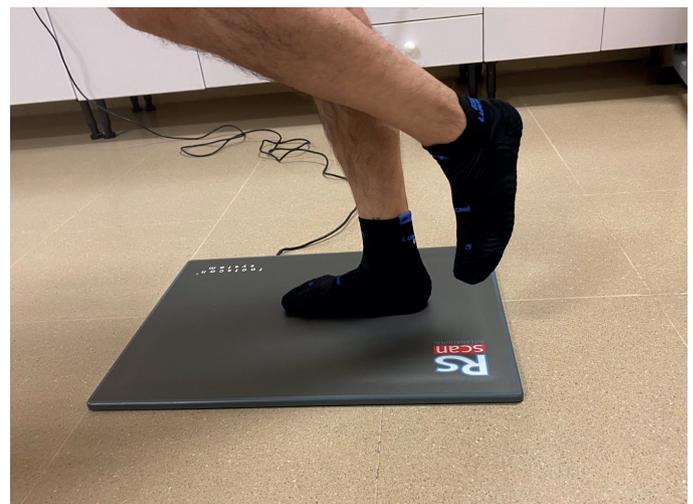
#### Medición de presiones plantares

El equipo utilizado fue la plataforma de presiones FootScan® plate system (RSscan Int., Beringen, Bélgica, 2011), que ha mostrado una buena fiabilidad. La plataforma se situó en el centro de la sala de exploración. Previamente se les instruyó cómo tenían que pasar por la plataforma, siguiendo el protocolo del segundo paso<sup>17</sup>. Se realizaron tres mediciones baropodométricas previas a la carrera y de manera inmediata tras correr los 10 kilómetros, otras tres mediciones (Figura 3).

El software asociado dividió la planta del pie en 10 zonas (1.º dedo, dedos menores, de 1.º a 5.º cabeza metatarsiana, medio pie, tacón medial y tacón lateral). La variable analizada fue la presión plantar máxima. Para el análisis estadístico se utilizó la media de las tres



**Figura 2.** Configuración de ondas plantares en los modelos AWC 1 (arriba) y 2.1 (abajo).



**Figura 3.** Corredor pasado por la plataforma de presiones con los modelos de calcetín.

mediciones para emplear un dato más robusto que resumiera los tres pasos realizados.

Tras la medición baropodométrica posterior a la carrera todos los participantes contestaron un test relativo a la comodidad, a través de una escala tipo Likert, que se puntuó de 1 a 5 (1 muy incómodo, 2 incómodo, 3 neutral, 4 cómodo y 5 muy cómodo). También se les preguntó sobre las características fisiológicas de los calcetines, como humedad, sensación térmica y amortiguación, se puntuó también del 1 al 5. Al final del test se les permitió una respuesta abierta (Tabla II).

*Análisis estadístico*

Para el análisis de los datos se tuvieron en cuenta las presiones plantares de ambos pies, pre y postcarrera, así como el confort de los corredores con los calcetines. Puesto que los datos de presión cumplieron con los criterios de normalidad (test de Shapiro-Wilk,  $p > 0.05$  en todos los casos), para la comparativa de las presiones y de la comodidad se realizó una prueba t-Student para muestras relacionadas. Para la comparación de la amortiguación con las presiones plantares se realizó la prueba de correlación de Pearson. Los análisis estadísticos de los resultados se realizaron mediante el programa SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Versión 22.0, licencia campus UEX). Se estableció un nivel de significación del 5 % ( $p < 0.05$ ).

**Resultados**

En el mismo tipo de calcetín (AWC 1), antes y después de correr 10 kilómetros, las mayores presiones plantares se encontraron en el tercer metatarsiano con  $13.1 \pm 4.5$  N/cm<sup>2</sup> antes y  $15.5 \pm 5.4$  N/cm<sup>2</sup>

tras la carrera, seguido del segundo metatarsiano con de  $9,8 \pm$  antes y  $15,1 \pm$  después de correr. Los valores más bajos de presión plantar se encontraron en la zona del medio pie y los dedos menores (Tabla III).

Comparando los valores previos a correr y después de correr, se observó que las presiones plantares en primer dedo, dedos menores, 3.º, 4.º y 5.º metatarsiano, mediopié, talón medial y talón lateral permanecieron inalterables ( $p > 0.05$  en todos los casos, Tabla III), sin embargo, en 1.º y 2.º metatarsiano se encontró un aumento estadísticamente significativo ( $p = 0.003$ ;  $p = 0.005$ , respectivamente) de los valores de presión plantar.

En el calcetín AWC 2.1 también se analizaron las presiones plantares antes y después de la carrera, los valores más altos se encuentran en tercer metatarsiano, pero a diferencia del calcetín AWC 1, en este caso disminuyen las presiones con  $16.8 \pm 9.2$  N/cm<sup>2</sup> antes y  $12.3 \pm 4$  N/cm<sup>2</sup> después (Tabla III). Comparando los valores anteriores y posteriores a la carrera se observó que las diferencias no resultaron estadísticamente significativas ( $p > 0.005$ , en todos los casos) (Tabla III).

Comparando los valores de presión plantar entre los dos calcetines tras la carrera, se observa que el calcetín AWC 1 presenta valores de presión plantar significativamente mayores en primer, segundo y tercer metatarsiano ( $p = 0.047$ ,  $p = 0.038$ ,  $p = 0.044$ , respectivamente), mientras que, en los dedos menores, este valor de presión plantar es menor que en el AWC 2.1 ( $p = 0.044$ ) (Tabla IV).

En relación con el confort, los corredores puntuaron todos los ítems con una nota media superior a 4, excepto la sensación térmica que tuvo una valoración de  $3.6 \pm 1.3$  en el modelo AWC 1 y con  $3.5 \pm 1$  en el AWC 2.1 (Tabla V). Existió una diferencia estadísticamente significativa en el ajuste, con una mayor puntuación en el calcetín AWC 1 ( $4.9 \pm 0.4$ ) respecto al calcetín AWC 2.1 ( $4.6 \pm 0.6$ ,  $p = 0.021$ ) (Tabla V).

**Tabla II. Test de comodidad y características fisiológicas.**

Comodidad					
	Muy incómodo			Muy cómodo	
Altura del calcetín	1	2	3	4	5
Adaptación / Ajuste	1	2	3	4	5
Suavidad / Tacto	1	2	3	4	5
Comodidad (global)	1	2	3	4	5
Características fisiológicas					
	Muy mojado			Muy seco	
Humedad / Transpiración	1	2	3	4	5
	Muy caliente			Muy fresco	
Sensación térmica	1	2	3	5	5
	Poco amort.			Muy amort.	
Amortiguación (global)	1	2	3	4	5
¿Hay alguna cosa que nos quieras comentar respecto a los calcetines y que no te hayamos preguntado?					
.....					

Tabla III. Valores presiones plantares en calcetín AWC 1 y AWC 2.1 antes y después de la carrera.

		Media	Desv. estándar		Valor p	Media	Desv. estándar	
			AWC 1	N/cm <sup>2</sup>			AWC 2.1	N/cm <sup>2</sup>
Primer dedo	PRE	7.4	3.4	0.054	7.5	7.2	0.104	
	POST	5.4	3.7		4.7	2.5		
Dedos menores	PRE	1.5	1.1	0.061	2.6	3.2	0.168	
	POST	1.0	0.8		1.8	1.7		
1. <sup>a</sup> CMT	PRE	4.6	2.3	<b>0.003</b>	5.2	3.2	0.859	
	POST	7.4	2.7		5.3	3.4		
2. <sup>a</sup> CMT	PRE	9.8	3.6	<b>0.005</b>	11.9	6.1	0.078	
	POST	15.1	5.6		11.6	4.8		
3. <sup>a</sup> CMT	PRE	13.1	4.5	0.130	16.8	9.2	0.064	
	POST	15.5	5.4		12.3	4.0		
4. <sup>a</sup> CMT	PRE	11.1	4.9	0.315	13.3	6.7	0.575	
	POST	12.8	4.4		12.2	5.9		
5. <sup>a</sup> CMT	PRE	4.9	2.6	0.926	5.9	2.9	0.117	
	POST	4.9	3.2		4.6	2.1		
Mediopié	PRE	2.7	1.3	0.832	2.8	1.2	0.594	
	POST	2.8	1.7		2.6	1.1		
Talón medial	PRE	11.1	4.3	0.202	12.1	5.4	0.241	
	POST	9.8	3.2		10.7	3.7		
Talón lateral	PRE	10.1	4.6	0.626	11.4	5.1	0.601	
	POST	9.6	4.1		11.9	4.3		

Tabla IV. Valores presión plantar entre calcetines después de la carrera.

		Media	Desv. estándar		Valor p
			AWC 1	N/cm <sup>2</sup>	
Primer dedo	AWC 1	5.4	3.7	0.306	
	AWC 2.1	4.7	2.5		
Dedos menores	AWC 1	1.0	0.8	<b>0.044</b>	
	AWC 2.1	1.8	1.7		
1. <sup>a</sup> CMT	AWC 1	7.4	2.7	<b>0.047</b>	
	AWC 2.1	5.3	3.4		
2. <sup>a</sup> CMT	AWC 1	15.1	5.6	<b>0.038</b>	
	AWC 2.1	11.6	4.8		
3. <sup>a</sup> CMT	AWC 1	15.5	5.4	<b>0.044</b>	
	AWC 2.1	12.3	4.0		
4. <sup>a</sup> CMT	AWC 1	12.8	4.4	0.711	
	AWC 2.1	12.2	5.9		
5. <sup>a</sup> CMT	AWC 1	4.9	3.2	0.718	
	AWC 2.1	4.6	2.1		
Mediopié	AWC 1	2.8	1.7	0.747	
	AWC 2.1	2.6	1.1		
Talón medial	AWC 1	9.8	3.2	0.341	
	AWC 2.1	10.7	3.7		
Talón lateral	AWC 1	9.6	4.1	0.094	
	AWC 2.1	11.9	4.3		

Tabla V. Valores del confort en AWC 1 y AWC 2.1.

		Media	Desv. estándar	Valor p
Altura	AWC 1	4.2	1.0	0.479
	AWC 2.1	4.4	0.8	
Ajuste	AWC 1	4.9	0.4	<b>0.021</b>
	AWC 2.1	4.6	0.6	
Tacto	AWC 1	4.7	0.6	1
	AWC 2.1	4.7	0.5	
Comodidad	AWC 1	4.8	0.4	0.163
	AWC 2.1	4.6	0.6	
Humedad	AWC 1	4.1	0.9	1
	AWC 2.1	4.1	0.9	
Sensación térmica	AWC 1	3.6	1.3	0.606
	AWC 2.1	3.5	1.0	
Amortiguación	AWC 1	4.2	0.8	0.789
	AWC 2.1	4.1	0.9	

No existieron correlaciones significativas entre la puntuación de amortiguación otorgada por los corredores/as y los valores de presión plantar en ninguna de las zonas, tanto con el AWC 1 o el 2.1 (Tabla VI) ( $p > 0.05$  en todos los casos).

**Tabla VI. Valores de correlación entre amortiguación y presión plantar en AWC 1 y AWC 2.1.**

		1.º Dedo	Dedos menores	1.ª CMT	2.ª CMT	3.ª CMT	4.ª CMT	5.ª CMT	Mediopié	Talón medial	Talón lateral
<b>Amortiguación AWC 1</b>	<i>r</i>	0.400	0.192	-0.025	-0.172	-0.142	0.240	-0.031	0.062	0.180	0.196
	Sig.	0.080	0.416	0.915	0.468	0.552	0.308	0.896	0.797	0.447	0.408
<b>Amortiguación AWC 2.1</b>	<i>r</i>	0.416	-0.124	0.417	-0.275	0.194	0.182	0.148	0.368	0.119	0.502*
	Sig.	0.068	0.603	0.067	0.240	0.413	0.442	0.534	0.110	0.617	0.024

En la pregunta abierta nos encontramos con algunos de los siguientes comentarios:

- Mejor sensación de agarre y de calor con el calcetín AWC 1.
- Mayor satisfacción en la carrera con el calcetín AWC 2.1.

## Discusión

El presente estudio se centra en determinar si un calcetín con una configuración de ondas más cercanas sería capaz de minimizar el aumento de presiones plantares que puede ocasionar una carrera. En el modelo AWC 1 los datos de presión antes y después de la carrera sufren un incremento de presión significativa en la zona del antepié medial (primera y segunda cabeza metatarsiana) tras la carrera. Este hecho podría estar relacionado con el aumento de las presiones plantares por la influencia de la fatiga muscular, que podría afectar al tibial anterior y posterior, provocando un debilitamiento de la estructura ósea del pie haciendo que bascule en pronación<sup>18</sup>. Weist y cols.<sup>8</sup>, al igual que nuestro estudio, describieron un aumento de las presiones en antepié después de una carrera en cinta rodante. La carga pasó de los dedos a las cabezas de los metatarsianos, como consecuencia de la fatiga de los músculos flexores de los dedos. Otra investigación de Escamilla-Martínez y cols.<sup>18</sup> llevó a concluir que tras una carrera de 60 minutos, similar a la realizada en el presente estudio, las presiones plantares aumentaron en la zona medial del pie por la posición de pronación que adquiere el pie por la fatiga del músculo tibial posterior.

Sin embargo, los valores entre el pre y post de los pies que llevaron el calcetín AWC 2.1 (estando en el mismo sujeto) no se vieron alterados tras la actividad, quedando en valores similares al patrón previo. Esta diferencia podría deberse directamente con la separación de sus ondas plantares, ya que en el calcetín AWC 1 sus ondas se separan 5 mm, por los 3 mm del AWC 2.1. Esto hace que el calcetín AWC 2.1 sea más acolchado y tenga ese efecto amortiguador positivo. Este efecto vendría dado porque la estructura le confiere menos capacidad de extensión y deformación, manteniendo así las presiones plantares inamovibles. En diferentes investigaciones se demuestra que, a través del uso de calcetines acolchados, se reduce la presión plantar máxima. Veves y cols.<sup>13</sup> estudiaron la disminución de las presiones plantares con calcetines acolchados en retropié y en antepié, concluyendo que se redujo la presión plantar máxima el 26 %, en comparación con pies descalzos.

Comparando los dos calcetines tras la carrera, el calcetín AWC 1 presentó mayores valores de las presiones en primera, segunda y tercera cabeza metatarsiana, con una disminución en los dedos menores con respecto al calcetín AWC 2.1. Esta amortiguación mantenida en

el calcetín con mayor densidad de ondas (AWC 2.1) concuerda con los hallazgos de Soltandazeh y cols.<sup>19</sup>, que encontraron que puntos Cross Miss y Mock Rib, con menor distancia entre los hilos, disminuyen el espacio libre entre el pie y el suelo, por lo que permite controlar las presiones plantares. Del mismo modo, otras investigaciones han observado reducción de presiones plantares en modificaciones de la configuración plantar del calcetín. Así, Jiménez-Cano y cols.<sup>10</sup> compararon las presiones de un calcetín control con un calcetín experimental que llevaba incorporado un elemento de amortiguación en forma de U en el antepié. Concluyeron que la presión plantar disminuyó en segunda y tercera cabeza metatarsiana con un 17.45 % en esta última.

Con el modelo de calcetín AWC 2.1 se consigue una menor presión plantar, de un 39.62 % en primera, un 30.17 % en segunda y un 26.01 % en tercera cabeza metatarsal, respecto al AWC 1. En otros estudios sobre la comparación entre calcetines acolchados con normales ese porcentaje es más variado oscilando entre el 9 % y el 32 %<sup>13,14,20</sup>. Comprobamos que, en nuestro estudio, estamos en el rango alto de reducción de presión plantar respecto a los estudios consultados. Para visualizar nuestros resultados presentamos un mapa de distribución de las presiones en dos sujetos (Figuras 4 y 5), en el que a modo de resumen se observan las zonas de hiperpresión. Estas se reflejan en color rojo, mostrándose la mayor presión en la zona metatarsiana (segunda y tercera cabeza metatarsal) en el calcetín AWC 1.

Con nuestros resultados, podríamos recomendar el modelo AWC 2.1 como un calcetín más amortiguador y eficaz para la contención de las presiones plantares en carreras de entre 10 y 21 kilómetros o recomendarlo para corredores que presenten dolores leves en la zona plantar del antepié. También podrían ser eficaces en aquellos corredores que pudieran sufrir alteraciones dermatológicas, como pueden ser hiperqueratosis o ampollas bajo las cabezas metatarsianas, ya que se aliviaría el dolor de estas pequeñas manifestaciones.

En cambio, el modelo AWC 1 por su configuración de ondas más abiertas, no tiene capacidad de contener los efectos baropodométricos de la fatiga muscular durante la carrera, por lo tanto, no estaría recomendado para aquellos corredores que presenten un pie pronado. Sin embargo, podría ser más beneficioso para la termorregulación plantar, porque parte de su humedad se podría evaporar entre sus fibras, resultando un calcetín más fresco y transpirable, recomendado para carreras de asfalto o para tiempos calurosos.

En este trabajo, la puntuación que los corredores otorgaron a la amortiguación no tuvo correlación con las presiones plantares obtenidas después de la carrera, pero sí que destacaron con una mejor puntuación el ajuste del modelo de calcetín AWC 1.

Este estudio presenta algunas fortalezas, como pueden ser la novedad del mismo, pues es el primero que analiza dos tipos de configu-



**Figura 4.** Mapa de las presiones precarrera con calcetín AWC 2.1 (izquierda) y AWC 1 (derecha).



**Figura 5.** Mapa de presiones tras la carrera con calcetín AWC 2.1 (izquierda) y AWC 1 (derecha).

raciones plantares, y ofrece así datos que pueden beneficiar en la elección del calcetín más adecuado para cada corredor/a y distancia. El protocolo de este estudio (elección aleatoria del calcetín en cada pie) asegura que los datos no pueden verse influenciados por la dominancia (diestros o zurdos) del pie y tampoco por el recorrido, ya que todos los corredores hicieron un recorrido similar. Una posible debilidad del estudio es que estos datos deben interpretarse para distancias cortas. Quizá los valores de presión tras una carrera de larga distancia (> 21 km) pueden ser diferentes.

Como conclusión, tras la carrera existió un aumento de las presiones en la zona del antepié medial con el modelo de calcetín AWC 1, posiblemente como consecuencia del debilitamiento muscular originado por la fatiga. En cambio, con el calcetín AWC 2.1, las presiones plantares no se han visto alteradas después de la actividad. Las presiones plantares tras la carrera con el calcetín AWC 2.1 fueron un 32 % menores en la zona de 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> cabezas metatarsales respecto al calcetín AWC 1, lo que está directamente relacionado con la separación de sus ondas. Esto puede ayudar a reducir posibles dolores metatarsales. Los participantes encontraron un mejor ajuste en el calcetín AWC 1, aunque no existe una relación directa entre la amortiguación percibida con la presión plantar.

#### Conflictos de intereses

Los autores declaran que la empresa MLS textiles 1992 (Ontinyent, Valencia), fabricante de los calcetines Lurbel, ha fabricado y cedido desinteresadamente los calcetines experimentales a los autores. 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.

#### Declaración ética

El estudio fue aprobado por la comisión de bioética y bioseguridad de la Universidad de Extremadura.

## Bibliografía

- Vasiliadis AV, Kazas C, Tsalidou M, Vazakidis P, Metaxiotis D. Plantar Injuries in Runners: Is There an Association With Weekly Running Volume? *Cureus*. 2021;13(8):e17537. DOI: 10.7759/cureus.17537.
- Hähni M, Hirschi Müller A, Baur H. The effect of foot orthoses with forefoot cushioning or metatarsal pad on forefoot peak plantar pressure in running. *J Foot Ankle Res*. 2016;9:44. DOI: 10.1186/s13047-016-0176-z.
- Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci*. 2021;10(5):513-22. DOI: 10.1016/j.jshs.2021.04.001.
- Hohmann E, Reaburn P, Tetsworth K, Imhoff A. Plantar Pressures During Long Distance Running: An Investigation of 10 Marathon Runners. *J Sports Sci Med*. 2016;15(2):254-62.
- Hawrylak A, Matner P, Demidaś A, Barczyk-Pawelec K, Demczuk-Włodarczyk E. Static and dynamic plantar pressure distribution in amateur marathon runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(1):76-81.
- García-Pérez JA, Pérez-Soriano P, Llana S, Martínez-Nova A, Sánchez-Zuriaga D. Effect of overground vs treadmill running on plantar pressure: Influence of fatigue. *Gait Posture*. 2013;38(4):929-33. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.04.026.
- Francis P, Whatman C, Sheerin K, Hume P, Johnson MI. The proportion of lower limb running injuries by gender, anatomical location and specific pathology: A systematic review. *J Sports Sci Med*. 2019;18(1):21-31.
- Weist R, Eils E, Rosenbaum D. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *Am J Sports Med*. 2004;32(8):1893-8. DOI: 10.1177/0363546504265191.
- Caracuel López JM, Sánchez Rodríguez R, Gómez-Martín B, Escamilla-Martínez E, Martínez Nova A, Jiménez Cano VM. Reducción de las presiones plantares dinámicas en un calcetín experimental. Un estudio preliminar. *Rev Esp Podol*. 2021;32(2):86-92. DOI: 10.20986/revspod.2021.1619/2021.
- Martínez-nova A, Caracuel-I JM, Escamilla-martínez E, Beatriz G, Raquel S. Socks with an U-shaped 3D discharge element are capable to reduce dynamic plantar pressures under the central forefoot. *J Tissue Viability*. 2022;31(2):309-14. DOI: 10.1016/j.jtv.2021.11.005.
- Otter SJ, Rome K, Ihaka B, South A, Smith M, Gupta A, et al. Protective socks for people with diabetes: a systematic review and narrative analysis. *J Foot Ankle Res*. 2015;8(1):9. DOI: 10.1186/s13047-015-0068-7.

12. Drăgulescu A, Drăgulescu AM, Zincă G, Bucur D, Feieș V, Neagu DM. Smart socks and in-shoe systems: State-of-the-art for two popular technologies for foot motion analysis, sports, and medical applications. *Sensors (Switzerland)*. 2020;20(15):1-41. DOI: 10.3390/s20154316.
13. Veves A, Boulton AJM, Hay EM. The use of specially padded hosiery in the painful rheumatoid foot. *Foot*. 1992;1(4):175-7. DOI: 10.1016/0958-2592(92)90002-7.
14. Soltanzadeh Z, Shaikhzadehnajar S, Haghpanahi M, Mohajeri-Tehrani MR. Plantar static pressure distribution in normal feet using cotton socks with different structures. *J Am Pod Med Assoc*. 2017;107(1):30-8. DOI: 10.7547/14-085.
15. Guignier C, Camillieri B, Schmid M, Rossi RM, Bueno MA. E-Knitted Textile with Polymer Optical Fibers for Friction and Pressure Monitoring in Socks. *Sensors (Basel)*. 2019;19(13):3011. DOI: 10.3390/s19133011.
16. Richie DH. Athletic socks. In: *Athletic Footwear and Orthoses in Sports Medicine*. New York, NY: Springer; 2010. p. 69-78.
17. Sánchez-Rodríguez R, Martínez-Nova A, Escamilla-Martínez E, Pedraza-Zamorano JD. Can the Foot Posture Index or their individual criteria predict dynamic plantar pressures? *Gait Posture*. 2012;36(3):591-5. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.05.024.
18. Escamilla-Martínez E, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Sánchez-Rodríguez R, Fernández-Seguín L. The effect of moderate running on foot posture index and plantar pressure distribution in male recreational runners. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2013;103(2):121-5. DOI: 10.7547/1030121.
19. Soltanzadeh Z, Shaikhzadeh Najar S, Haghpanahi M, Mohajeri-Tehrani MR. Effect of socks structures on plantar dynamic pressure distribution. *Proc Inst Mech Eng H*. 2016;230(11):1043-50. DOI: 10.1177/0954411916671544.
20. Veves A, Masson EA, Fernando DJS, Boulton AJM. Use of experimental padded hosiery to reduce abnormal foot pressures in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 1989;12(9):653-5. DOI: 10.2337/diacare.12.9.653.