

EFFECTOS DEL EJERCICIO CONTINUO E INTERMITENTE SOBRE LA HUELLA PLANTAR

EFFECTS OF CONTINUOUS AND INTERMITTENT EXERCISE ON THE FOOTPRINT RECORD

RESUMEN

Introducción: Este estudio buscó comparar los cambios producidos en la huella plantar por los desplazamientos intermitentes en el fútbol sala y la carrera continua, y estudiar las diferencias en la respuesta entre hombres y mujeres.

Material y métodos: Participaron 10 hombres (edad: 20.4 ± 1.4 años) y 10 mujeres sanos y moderadamente activos. Realizaron 3 sesiones distintas: un circuito dentro de un campo de fútbol sala con distintas direcciones y velocidades de carrera, una sesión de carrera continua con el mismo volumen del circuito (2500 m) y 30 minutos de carrera continua. Antes y después de las pruebas se analizaron las longitudes de la huella plantar y las áreas y anchuras de antepié, mediopié y retropié.

Resultados y conclusiones: Las tres sesiones provocaron cambios significativos en las dimensiones de la huella plantar (0.1-9.1%) aunque sólo la anchura del mediopié fue sensible al número de apoyos en los 30 minutos de carrera (8.0%, $P < 0.01$). En el resto de parámetros analizados no hubo diferencias entre sesiones, lo que indica que a partir de un determinado número de apoyos, la huella plantar no cambiaba más, independientemente del volumen o la intensidad del ejercicio. La mayoría de estos cambios fueron similares en hombres y mujeres.

Palabras clave: Pie. Índice del arco. Fútbol sala. Carrera. Calzado.

SUMMARY

Introduction: This study aimed to analyze the changes in the footprint record produced by a simulated futsal course and continuous running. A secondary purpose was to analyze the response differences between men and women.

Methods: Ten active and healthy men (age: 20.4 ± 1.4 years) and 10 women (age: 19.9 ± 1.4 years) volunteered for the study. They performed 3 exercise sessions: an interval running course into a futsal pitch, a continuous running task with the same distance of the course (2500 m) and 30 minutes of continuous running. Before and after the exercise sessions the foot lengths, widths and areas (forefoot, midfoot, rearfoot) were analyzed from the footprint record.

Results and conclusions: All the exercise sessions led to significant changes the footprint parameters (0.1-9.1%). Nonetheless, only the midfoot width changed differently by the greater number of steps performed (+8.0%, $P < 0.01$). The rest of the parameters showed no differences among sessions, thus it seems that, from a given number of steps, the footprint dimensions did not show greater changes, despite the differences in exercise volume or step intensity. Most of these changes were similar between men and women.

Key words: Foot. Arch Index. Futsal. Running. Footwear.

*Laura Delgado-Abellán¹

*Xavier Aguado²

*Ester Jiménez-Ormeño¹

**Laura Mecerreyes³

*Luis M. Alegre⁴

¹Graduada en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

²Licenciado en Educación Física, Doctor por la Universidad de Barcelona

³Ingeniera Agrónoma

⁴Licenciado en Educación Física, Doctor por la Universidad de Castilla La Mancha

*Grupo de Biomecánica Humana y Deportiva, Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo, España.

**ASIDCAT (Asociación de Investigación y Desarrollo del Calzado y Afines de Toledo). Fuensalida, Toledo, España

CORRESPONDENCIA:

Luis Alegre Durán
Universidad de Castilla-La Mancha
Facultad de Ciencias del Deporte. Avenida Carlos III, s/n. 45071, Toledo (España)
E-mail: luis.alegre@uclm.es

Aceptado: 20.02.2012 / Original n° 600

INTRODUCCIÓN

El pie es una estructura formada por múltiples articulaciones que se adapta ante situaciones que implican altas cargas mecánicas, como la carrera. Por ello, la actividad física provoca cambios en las medidas del pie^{1,2}. El conocimiento de estos cambios y de su magnitud puede ser útil tanto para los profesionales de la actividad física y el deporte, como para aquellos que estudian las interacciones entre el pie y el calzado.

La mayoría de los estudios de la bibliografía demuestran que la actividad física vigorosa modifica las dimensiones del pie. Por ejemplo, el estudio realizado por Cloughley & Mawdsley³ mostraba diferencias significativas entre los cambios provocados por 20 minutos de marcha y 20 de carrera y McWorther *et al.*⁴ encontraron diferencias tras sólo 12 minutos de carrera. Treinta minutos de marcha atlética también provocaba cambios en las dimensiones del pie medidas a partir de la huella plantar². Los estudios realizados con ejercicio intermitente como el voleibol^{5,6} muestran resultados contradictorios. El trabajo de Sirgo *et al.*⁶ muestra diferencias en las dimensiones de la huella plantar tras el ejercicio, mientras que el de Chalk *et al.*⁵ no encontró diferencias en las dimensiones del pie tras un partido de voleibol. Sin embargo, este último trabajo presentaba limitaciones metodológicas relacionadas con el reducido número de jugadores analizados para llegar a esas conclusiones.

Por lo tanto, no hemos encontrado trabajos que hayan estudiado los efectos del volumen y la intensidad de los apoyos sobre las dimensiones del pie. Además, varios de los estudios anteriores sólo se centraron en el volumen total del pie³⁻⁵ sin analizar la zona de contacto del pie con el suelo. El análisis de la huella plantar, además de

informar de forma indirecta sobre los cambios en las dimensiones del pie, nos puede mostrar si existen cambios transitorios en el apoyo entre antes y después del ejercicio.

Un ejemplo de deporte que implica carrera intermitente y que es ampliamente practicado es el fútbol-sala⁷. El estudio de Barbero-Álvarez *et al.*⁸ realizó una cuantificación de la distancia total y los rangos de velocidades utilizados durante un partido de fútbol-sala. Esto nos permite poder comparar un volumen de carrera intermitente de intensidad variable con un volumen similar de carrera continua.

McWorther *et al.*⁴ también analizaron el efecto de andar y correr sobre el pie y en los resultados obtenidos se podía observar que hombres y mujeres respondían de forma diferente, ya que no existían diferencias en el grupo de hombres tras andar 12 minutos, y sí se producían diferencias en el grupo de mujeres. Esto parece indicar que las dimensiones de los pies de hombres y mujeres responden de forma distinta al ejercicio.

El propósito de este estudio ha sido realizar una comparación entre los cambios producidos en la huella plantar por los desplazamientos que se producen en el fútbol sala y la carrera continua. Un objetivo secundario fue estudiar las diferencias en la respuesta entre hombres y mujeres.

MATERIAL Y MÉTODO

Participantes

Participaron 20 estudiantes de Ciencias del Deporte (10 mujeres y 10 hombres), con las características que aparecen en la Tabla 1.

Se excluyó a aquellos que presentaban lesiones recientes en cualquier parte de la extremidad inferior, trastornos en la estructura del pie, infecciones en los pies y que fueran incapaces de recorrer 2500 m en un mínimo de 20 minutos. Todos los participantes, excepto una mujer (27.1 kg•m⁻²) tenían un IMC por debajo de 25 kg•m⁻², con un valor medio de IMC de 21.9 (2.2) kg•m⁻².

TABLA 1.
Características
de los
participantes
del estudio

	Edad (años)	Masa (kg)	Estatura (m)
Hombres n = 10	20.4 (1.4)	68.9 (5.6)	1.75 (0.06)
Mujeres n = 10	19.9 (1.4)	55.7 (8.9)	1.61 (0.07)

Por todo esto entendemos que los resultados no fueron influidos por valores extremos de IMC, tal y como ha sido demostrado previamente en la bibliografía⁹. Todos los participantes fueron informados de los objetivos y posibles riesgos del estudio, y firmaron un consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Procedimiento

Cada participante tomó parte en tres sesiones distintas durante un período de tres semanas en la misma franja horaria utilizando siempre el mismo calzado deportivo. Las tres sesiones incluyeron un circuito dentro de un campo de fútbol sala, una sesión de carrera continua con el mismo volumen del circuito (2500 m) y otra sesión de 30 minutos de carrera continua. La actividad a realizar era asignada al azar a cada participante y entre ellas transcurría una semana de descanso. Antes y después de las pruebas se tomaban las medidas del pie dominante (Figura 1).

Instrumentos

Todas las medidas se obtuvieron realizando fotopodogramas siguiendo el protocolo de Aguado, Izquierdo & González¹⁰. El sujeto se situaba de pie en apoyo bipodal con los pies paralelos separados a la anchura de los hombros y se obtenía un registro de alta calidad de la huella plantar de su pie dominante mediante papel fotográfico y revelador.

Todos los fotopodogramas fueron digitalizados con la ayuda del programa AreaCalc¹¹ que aplica el protocolo de Cavanagh & Rodgers¹².

Variables

Las variables analizadas aparecen en la Figura 2.

Medidas

Todos los sujetos fueron pesados y medidos en la primera sesión de ejercicio. Antes de cada sesión se tomaba el registro de la huella plantar en el pie dominante tras estar 10 minutos tumbados en

decúbito supino sin calzado⁴. Estos 10 minutos servían para las medidas del pie retornasen a su estado basal, antes de los registros de la huella plantar. Las medidas se tomaron en el lugar de la actividad para evitar desplazamientos previos o posteriores a esta. Justo al terminar cada prueba se volvieron a tomar las mismas medidas. Como situación control se compararon las medidas tomadas en basal antes de las sesiones de ejercicio.

Sesiones de ejercicio

El circuito se realizó en el pabellón polideportivo por el perímetro de una pista de fútbol sala (20 × 40 m). El volumen total fue de 2460 m distribuidos entre las diferentes velocidades y en ambos sentidos de giro para que se repartiesen de forma homogénea los impactos sobre ambos pies. Este circuito se diseñó teniendo en cuenta el estudio de Barbero-Álvarez *et al.*⁸ en el cual se especifican las distancias cubiertas en cada una de las partes de un partido de fútbol sala y el porcentaje que es realizado a cada una de las

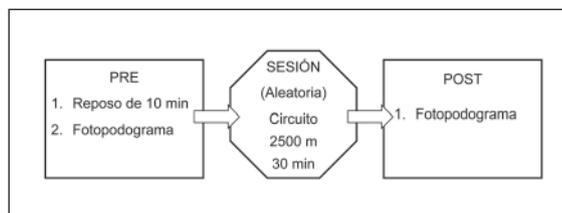


FIGURA 1.
Diseño del estudio

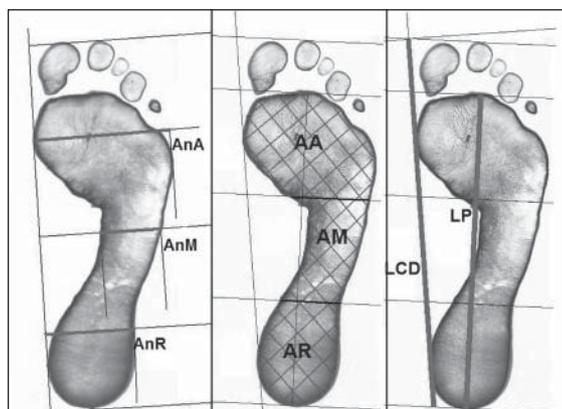


FIGURA 2.
Variables de la huella plantar analizadas mostradas sobre el registro de la huella plantar. Abreviaturas: Área antepié (AA) mm², Área medio-pié (AM) mm², Área retropié (AR) mm², Índice del arco (AI)¹², Longitud pie con dedos (LCD) cm², Longitud pie sin dedos (LP) cm², Área total (AT)²⁵ mm², Anchura antepié (AnA)²² cm², Anchura mediopié (AnM) cm², Anchura retropié (AnR)²⁵ cm²

velocidades. Se trabajó sólo con los datos de la primera parte (Tabla 2).

Las pruebas de 2500 m y 30 minutos se desarrollaron en un circuito exterior de tierra y plano. Los participantes debían completar un total de 2500 m y 30 minutos de carrera a velocidad constante, en los rangos de velocidades descritos en la Tabla 2. Las sesiones de 2500 m y de 30 minutos fueron realizadas por cada participante a una misma velocidad de carrera. Las velocidades de ejecución de ambas pruebas (2500 m y 30 minutos) fueron determinadas tras realizar un estudio piloto con 5 sujetos, y correspondían a la máxima velocidad que eran capaces de mantener para completar la prueba a una velocidad constante. La prueba de 2500 m vino determinada por el volumen total desarrollado en el circuito (2460 m) para poder establecer una comparación objetiva entre ambas situaciones. Finalmente, se incluyó la prueba de 30 minutos para comparar dos sesiones con la misma intensidad pero distinto volumen. La velocidad de las tres sesiones se controló con cronometraje manual.

Estadística

Todos los resultados han sido expresados como medias (SD). Se utilizó el software SPSS v. 17 para Windows®, tomando como nivel de significación $P < 0.05$. Se usó un ANOVA factorial de tres vías ($3 \times 2 \times 2$; sesión \times sexo \times momento de la medición) para estudiar las posibles diferencias en la respuesta al ejercicio entre hombres y mujeres. Cuando se halló un efecto principal significativo, se emplearon pruebas t para mues-

tras relacionadas para comparar los valores entre antes y después del ejercicio, y un ANOVA de un factor con el post hoc de Bonferroni para analizar las diferencias entre las tres sesiones. En base a las variables de áreas, anchuras y longitudes, los rangos de número mínimo de sujetos estimado para obtener significación estadística con un error α de 0.05 y una potencia de 0.8 ($1 - \beta$) iban de 7 a 17. Este número ha sido calculado con las fórmulas propuestas por Hopkins¹³, a partir de los datos de un estudio piloto realizado con 10 sujetos.

La fiabilidad de las mediciones se calculó mediante los Coeficientes de Correlación Intraclase (ICC) y los coeficientes de variación (CV), comparando las medidas tomadas en basal en las sesiones del Circuito y los 2500 m.

RESULTADOS

Los ICCs para las medidas del estudio, hallados al comparar las medidas de la situación control se presentan en la Tabla 3. Todos estaban por encima de 0.95, excepto en la anchura del retropié, donde el ICC era de 0.901. Los CVs iban del 0.3 al 4.5%. Además, no se encontraron diferencias significativas en la comparación de ninguna de las variables.

Al comparar las medidas antes y después del ejercicio, se encontraron diferencias significativas en las tres sesiones, siendo los cambios porcentuales en cada variable: área total de la huella (Circuito: 3.1%; 30 minutos: 3.3% y 2500 m: 2.7%; $P < 0.001$), área del antepié (Circuito: 3.0%; 30

TABLA 2.
Resumen de las velocidades y volúmenes utilizadas en cada sesión de entrenamiento

Sesión de ejercicio	Velocidades (m/s)	Series	Volumen (m)	Volumen total (m)
Circuito	0.2-1	5 \times 40 m	200	2460
	1.1-3	10 \times 100 m	1000	
	3.1-5	18 \times 40 m	720	
	5.1-7	17 \times 20 m	340	
	>7.1	10 \times 20 m	200	
2500 m	2.08-2.7	--	--	2500
30 minutos	2.08-2.7	--	--	3750-4850

minutos: 2.7% y 2500 m: 2.8%; $P < 0.001$) y área del mediopié (Círculo: 5.4%; 30 minutos: 9.1% y 2500 m: 3.5%; $P < 0.001$, $P < 0.01$ y $P < 0.05$, respectivamente) siendo esta la variable que mayores cambios experimentó. Otras variables que cambiaron al menos en dos de las tres sesiones fueron el IA, el área de retropié y la anchura del mediopié (Tabla 4). Los cambios porcentuales fueron muy similares en las tres sesiones en todas las dimensiones de la huella excepto en la anchura del mediopié. El ANOVA de tres factores reveló una interacción significativa ($P < 0.05$) entre los cambios provocados en la anchura del mediopié por el Círculo (1.7%) y la sesión de 30 minutos (8.0%, $P < 0.01$). Esta variable, junto con el área del mediopié (9.1%, $P < 0.01$) fue la que más cambió en las tres sesiones.

Al comparar entre hombres y mujeres, se encontraron diferencias significativas en todas las dimensiones del pie excepto en el índice del arco (Tabla 5). No se encontraron diferencias en los cambios en la huella plantar entre hombres y mujeres, excepto en la anchura del antepié, donde encontramos una interacción significativa sexo \times medición ($P < 0.05$) en la anchura del antepié.

DISCUSIÓN

La metodología utilizada, aunque sencilla, ha demostrado ser sensible y reproducible. Además de

los altos valores en las pruebas de fiabilidad, no se encontraron diferencias significativas al comparar las tres medidas en reposo. Esto concuerda con estudios como los de Moholkar & Fenelon¹⁴ el cual mostraba que a lo largo del día las variaciones que se producen en el volumen del pie no son significativas cuando las personas analizadas no realizan una actividad física vigorosa y el de Pasley & O'Connor¹⁵, donde no encontraron diferencias significativas en el volumen de pie al comparar entre días. La principal limitación de este estudio es que las medidas de los cambios en el pie no han sido tomadas directamente sobre la extremidad, sino sobre su superficie de apoyo. Sin embargo, el conocimiento de los cambios en la zona de apoyo tiene un interés potencial para

Variables	ICC	Coefficiente de variación (%)
Área antepié	0.997	1.0
Área mediopié	0.992	3.9
Área retropié	0.993	1.4
Índice del arco	0.990	2.9
Long pie con dedos	0.999	0.3
Long pie sin dedos	0.999	0.3
Área total	0.995	1.4
Anchura antepié	0.996	0.5
Anchura mediopié	0.979	4.5
Anchura retropié	0.901	2.0

TABLA 3. Fiabilidad día a día de las variables estudiadas

TABLA 4. Variables de la huella plantar antes y después de las sesiones de ejercicio

Variables	Pre-ejercicio			Post-ejercicio			%Diferencia Pre-post		
	Círculo	2500 m	30 minutos	Círculo	2500 m	30 minutos	Círculo	2500 m	30 minutos
Área antepié (mm ²)	4147 (580)	4153 (590)	4166 (585)	4274 (625)	4265 (606)	4280 (611)	3.0‡	2.8‡	2.7‡
Área mediopié (mm ²)	2038 (613)	2080 (601)	2038 (657)	2142 (620)	2159 (641)	2176 (609)	5.4‡	3.5*	9.1†
Área retropié (mm ²)	2778 (422)	2781 (420)	2777 (452)	2829 (442)	2827 (414)	2801 (400)	1.8†	1.7†	1.2
Índice del arco	0.22 (0.04)	0.23 (0.04)	0.22 (0.05)	0.22 (0.04)	0.23 (0.04)	0.23 (0.04)	2.1*	0.8	5.5†
Longitud pie con dedos (cm)	23.5 (1.9)	23.5 (1.9)	23.5 (1.9)	23.5 (1.9)	23.5 (1.9)	23.4 (1.9)	0.1	0.2	0.0
Longitud pie sin dedos (cm)	20.1 (1.5)	20.0 (1.5)	20.1 (1.5)	20.1 (1.5)	20.1 (1.5)	20.1 (1.5)	0.2	0.0	-0.2
Área total (mm ²)	8963 (1460)	9014 (1484)	8981 (1542)	9246 (1552)	9251 (1530)	9256 (1504)	3.1‡	2.7‡	3.3‡
Anchura antepié (cm)	8.4 (0.6)	8.4 (0.6)	8.4 (0.6)	8.4 (0.6)	8.3 (0.6)	8.4 (0.6)	0.1	-0.2	0.1
Anchura mediopié (cm)	3.2 (0.6)	3.2 (0.7)	3.2 (0.7)	3.3 (0.6)	3.4 (0.7)	3.4 (0.7)	1.7	4.8*	8.0†§
Anchura retropié (cm)	5.1 (0.6)	5.2 (0.5)	5.1 (0.5)	5.2 (0.5)	5.3 (0.7)	5.1 (0.5)	0.2	0.9	0.5

Abreviaturas: *: $P < 0.05$; †: $P < 0.01$; ‡: $P < 0.001$; §: Interacción Círculo vs. 30 minutos, $P < 0.05$.

los profesionales de las ciencias de la actividad física y el deporte y para el sector del calzado diseñado para practicar actividad física.

Los resultados de este estudio muestran que una sesión de carrera ejecutada con distintos niveles de volumen e intensidad ha tenido efectos similares sobre el registro de la huella plantar, ya que no se encontraron diferencias al comparar las medidas post-ejercicio de las tres situaciones, aunque los cambios fueron de menor magnitud en la menos intensa y de menor volumen (2500 m). Tres de las variables analizadas en este estudio cambiaron significativamente tras las tres sesiones de ejercicio. Estas variables fueron el área total de la huella (2.6-3.2%), el área del antepié (2.7-3.0%) y el área del mediopié (3.5-9.1%) siendo esta la variable que mayores cambios experimentó. El área del mediopié sufrió los mayores cambios probablemente debido a que pequeños aumentos en sus medidas implicaban grandes cambios porcentuales, debido a su menor tamaño en comparación con el área total de la huella y el área del antepié (Tabla 5).

No se produjeron cambios en las medidas de longitud de la huella, y tampoco existieron diferencias en ninguna de las tres pruebas en las anchuras del antepié y retropié. Los resultados del presente trabajo concuerdan con anteriores estudios en los que el tamaño del

pie aumentaba tras una sesión de ejercicio^{3,4,16}, con aumentos que iban del 1.7% al 3%. En el estudio realizado por Cloughley & Mawdsley³ no se muestran los cambios porcentuales. Sin embargo, los estudios anteriores no analizaron las distintas dimensiones del pie, sino que se centraron en el volumen total. Esto no permitía conocer qué dimensiones eran afectadas más por los cambios transitorios provocados por la actividad física. La ausencia de diferencias entre los cambios producidos en las tres sesiones de ejercicio indica que parece existir un umbral en el número de apoyos a partir del cual mayor número o intensidad de los apoyos no provoca mayores cambios en las medidas de la huella plantar, aunque los mayores cambios porcentuales y la interacción encontrada entre los cambios en el Circuito y los 30 minutos de carrera apuntan a que esta variable era más sensible a los aumentos del volumen de apoyos. Sin embargo, con el diseño del presente estudio no fue posible determinar a partir de qué volumen de apoyos se producía este cambio, por lo que sería interesante en futuras investigaciones aplicar un diseño que analizase este factor. Uno de los mecanismos por los cuales el pie modifica su tamaño con el ejercicio físico es el aumento del fluido intravascular y extravascular^{17,18} aumentando la presión capilar media y el coeficiente de filtración capilar¹⁹. Los cambios en las medidas del pie implican también modificaciones

TABLA 5.
Comparación
entre hombres
y mujeres en
las variables
del circuito
antes del
ejercicio

VARIABLES	Hombres (n=10)	Mujeres (n=10)	% diferencia
Área antepié (mm ²)	4628 (271)	3665 (347)	26.3‡
Área mediopié (mm ²)	2423 (501)	1653 (461)	46.5†
Área retropié (mm ²)	3041 (302)	2515 (361)	20.9†
Índice del arco	0.24 (0.03)	0.21 (0.05)	14.2
Longitud pie con dedos (cm)	25.0 (0.7)	22.0 (1.4)	12.4‡
Longitud pie sin dedos (cm)	21.2 (0.7)	18.9 (1.2)	28.8‡
Área total (mm ²)	10093 (869)	7834 (956)	11.5‡
Anchura antepié (cm)	8.9 (0.4)	7.9 (0.4)	28.8‡§
Anchura mediopié (cm)	3.7 (0.5)	2.9 (0.5)	13.1†
Anchura retropié (cm)	5.5 (0.6)	4.9 (0.5)	14.0*

Se han omitido el resto de medidas ya que las diferencias eran similares antes y después del ejercicio. Abreviaturas: *: $P < 0.05$; †: $P < 0.01$; ‡: $P < 0.001$; §: Interacción sexo \times medición, $P < 0.05$

en el ajuste con el calzado que afectarán a su comodidad y funcionalidad, por lo que deberían ser tenidos en cuenta por los fabricantes de calzado deportivo.

Al comparar entre sexos se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres para todas las variables excepto en el IA, encontrándose estos resultados de acuerdo con los mostrados en otros artículos^{15,20-23}. Sin embargo, el ejercicio afectó por igual a hombres y mujeres en casi todas las variables, ya que sólo se encontraron interacciones en el ANOVA de 3 factores en la anchura del antepié, que cambiaba de forma distinta entre antes y después del ejercicio (Tabla 5). Es posible que estas interacciones estuvieran relacionadas con las diferencias antropométricas que existen entre hombres y mujeres²⁴.

En resumen, las tres sesiones de ejercicio realizadas provocaron cambios significativos en las dimensiones de la huella plantar. Sin embargo,

sólo hubo diferencias en la anchura del mediopié. Sólo esta variable era sensible al mayor volumen de apoyos de la sesión de 30 minutos de carrera. En el resto de parámetros analizados no hubo diferencias entre estos cambios, lo que indica que a partir de un determinado número de apoyos, la huella plantar no cambiaba más, independientemente del volumen o la intensidad del ejercicio. La mayoría de estos cambios fueron similares en hombres y mujeres. Estos resultados tienen transcendencia para los profesionales de la actividad física y el deporte interesados en la función del pie, y para aquellos que estudian la interacción pie-calzado.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por los fondos FEDER y por la Consejería de Educación, Ciencia y Cultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

B I B L I O G R A F Í A

1. Aydog ST, Ozcakar L, Tetik O, Demirel HA, Hascelik Z, and Doral MN. Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts: a preliminary study. *Br J Sports Med* 2005;39(3):e13.
2. López JL, Meana M, Vera FJ, and García JA. Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2006;4(2):6.
3. Cloughley WB, and Mawdsley RH. Effect of running on volume of the foot and ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;22(4):151-154.
4. McWhorter JW, Wallmann HW, Landers MR, Altenburger B, LaPorta-Krum L, and Alternburger P. The effects of walking, running and shoe size on foot volumetrics. *Phys Ther Sport* 2003;4:87-92.
5. Chalk PJ, McPoil T, and Cornwall MW. Variations in foot volume before and after exercise. *J Am Podiatr Med Assoc* 1995;85(9):470-472.
6. Sirgo G, and Aguado X. Estudio del comportamiento de la huella plantar en jugadores de voleibol después del esfuerzo considerando su composición corporal y somatotipo. *Apunts Med Sport* 1991;18:6.
7. Chillón P, Tercedor P, Delgado M, and González-Gross M. Actividades Físico-Deportivas en Escolares Adolescentes. Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación 2002;1:7.
8. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, and Granda-Vera J. Match analysis and heart

- rate of futsal players during competition. *J Sports Sci* 2008;26(1):63-73.
9. Hills AP, Hennig EM, McDonald M, and Bar-Or O. Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: A biomechanical analysis. *International Journal of Obesity* 2001;25(11):1674-1679.
 10. Aguado X, Izquierdo RM, and González JL. Biomecánica fuera y dentro del laboratorio. León: Universidad de León; 1997.
 11. Elvira JL, Vera-Garcia FJ, and Meana M. Subtalar joint kinematic correlations with footprint arch index in race walkers. *J Sports Med Phys Fitness* 2008;48(2):225-234.
 12. Cavanagh PR, and Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech* 1987;20(5):547-551.
 13. Hopkins WG. Estimating sample size for magnitude-based inferences. *Sportscience* 2006;10:63-70.
 14. Moholkar K, and Felon G. Diurnal variations in volume of the foot and ankle. *J Foot Ankle Surg* 2001;40(5):302-304.
 15. Pasley JD, and O'Connor PJ. High day-to-day reliability in lower leg volume measured by water displacement. *Eur J Appl Physiol* 2008;103(4):393-398.
 16. McWhorter JW, Landers MR, Wallmann HW, Altenburger P, Berry K, Tompkins D, et al. The effects of loaded, unloaded, dynamic and static activities on foot volumetrics. *Phys Ther Sport* 2006;7:81-86.
 17. Mayrovitz HN. Posturally induced leg vasoconstrictive responses: relationship to standing duration, impedance and volume changes. *Clin Physiol* 1998;18(4):311-319.
 18. Stick C, Stofen P, and Witzleb E. On physiological edema in man's lower extremity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1985;54(4):442-449.
 19. Jacobsson S, and Kjellmer I. Accumulation of Fluid in Exercising Skeletal Muscle. *Acta Physiol Scand* 1964;60:286-292.
 20. Fessler DM, Haley KJ, and Lal RD. Sexual dimorphism in foot length proportionate to stature. *Ann Hum Biol* 2005;32(1):44-59.
 21. Krauss I, Grau S, Janssen P, Maiwald C, Mauch M, and Horstmann T. Gender differences in foot shape. In Proceedings of the 7th Symposium on Footwear Biomechanics. 2005:Cleveland, OH (USA).
 22. Luo G, Houston VL, Mussman M, Garbarini M, Beattie AC, and Thongpop C. Comparison of male and female foot shape. *J Am Podiatr Med Assoc* 2009;99(5):383-390.
 23. Manna I, Pradhan D, Ghosh S, Kar SK, and Dhara P. A comparative study of foot dimension between adult male and female and evaluation of foot hazards due to using of footwear. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2001;20(4):241-246.
 24. Reel S, Rouse S, Vernon Obe W, and Doherty P. Estimation of stature from static and dynamic footprints. *Forensic Sci Int* 2011.
 25. Tsung BY, Zhang M, Fan YB, and Boone DA. Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *J Rehabil Res Dev* 2003;40(6):517-526.