



Cultura, Ciencia y Deporte

ISSN: 1696-5043

ccd@ucam.edu

Universidad Católica San Antonio de Murcia
España

López Elvira, José Luis; Meana Riera, Marta; Vera García, Francisco José; García Roca, Juan Alfonso
RESPUESTAS, ADAPTACIONES Y SIMETRÍA DE LA HUELLA PLANTAR PRODUCIDAS POR LA
PRÁCTICA DE LA MARCHA ATLÉTICA

Cultura, Ciencia y Deporte, vol. 2, núm. 4, junio, 2006, pp. 21-26

Universidad Católica San Antonio de Murcia
Murcia, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163017601003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

RESPUESTAS, ADAPTACIONES Y SIMETRÍA DE LA HUELLA PLANTAR PRODUCIDAS POR LA PRÁCTICA DE LA MARCHA ATLÉTICA

Answers, adaptations and symmetry of the track to plant produced for the practice of the athletic march

José Luis López Elvira¹, Marta Meana Riera¹,
Francisco José Vera García² & Juan Alfonso García Roca¹

¹ Universidad Católica San Antonio de Murcia. Facultad de Ciencias de la Salud, la Actividad Física y del Deporte.

² Universidad Miguel Hernández de Elche. Área de Educación Física y Deportiva del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas.

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:

Dr. José Luis López Elvira
Universidad Católica San Antonio de Murcia.
Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
Campus de los Jerónimos s/n. 30107 Guadalupe, Murcia. España
jllevira@pdi.ucam.edu

Fecha de recepción: Febrero 2006 • Fecha de aceptación: Abril 2006

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue determinar el efecto que tiene la práctica de la marcha atlética sobre las estructuras del pie, tanto en las respuestas inmediatas a la práctica como en las adaptaciones a largo plazo por el entrenamiento. Para ello se realizaron tres tomas de la huella plantar por el método el fotopodograma a una muestra de 17 marchadores jóvenes. La primera y segunda toma se realizaron en ambos pies a mediados de temporada, en reposo y tras 30 min de marcha respectivamente. La tercera toma también en reposo sobre el pie dominante 3 meses después, al final de la temporada. Los resultados indican que no hay diferencias entre el pie derecho e izquierdo, ni antes ni después del ejercicio. Sin embargo, al analizar el efecto en las respuestas se encontraron comportamientos distintos. Mientras que el pie derecho mostró incrementos significativos en el ancho del antepié y mediopié ($P < 0,05$), en el pie izquierdo se manifestó un incremento en la longitud del pie. Este comportamiento distinto puede deberse a las características del circuito sobre el que se realizó la marcha, circular con giro a la izquierda. Esto nos lleva a sugerir que para evitar posibles sobrecargas y descompensaciones los entrenamientos se desarrollen en circuitos equilibrados en curvas a ambos lados, o en caso de realizarse en circuito cerrado, que se cambie con frecuencia el sentido de giro. En cuanto a las adaptaciones, siguen un patrón similar al de las respuestas del pie derecho, se encontraron incrementos significativos en el ancho del antepié, aunque también se incrementó significativamente la longitud del pie, si bien creemos que esto último puede haberse debido al desarrollo propio de los atletas, ya que muchos se encontraban en edad de crecimiento.

Palabras clave: biomecánica, huella plantar, respuestas, adaptaciones, marcha atlética.

ABSTRACT

The purpose of this paper was to determine the effect of the race walking exercise on the structures of the foot, so much in the immediate responses to the practice as in the long term training adaptations. Footprints were recorded three times using the photopodogram methodology on a sample of 17 young race walkers. The first one and second footprints were carried out in both feet at the middle of the season, in rest and after 30 min race walking respectively. The third was taken in rest on the dominant foot 3 months later, at the end of the season. The results indicate that there are not differences among the right and left foot, neither before nor after the exercise. However, the responses showed different behaviour. While the right foot showed significant increments in the width of the forefoot and midfoot ($P < 0.05$), the left foot showed an increment in the length of the foot. This different behaviour can be due to the characteristics of the circuit on which the race walk was carried out, circular with turn to the left. This takes us to suggest that, to avoid overloads and muscular unbalances the race walkers should train in circuits balanced in curves to either sides, or if in circular circuits frequently change the turning sense. The adaptations followed a similar pattern to that of the responses of the right foot. There were significant increments in the width of the forefoot, although the length of the foot also increased significantly. Anyway, we believe that the last could be due to the intrinsic characteristic of the athletes, since many of them were in age of growing.

Key words: biomechanics, footprint, responses, adaptations, race walk.

Introducción

En las actividades desarrolladas en el medio terrestre, el pie es la estructura anatómica que soporta y transmite las fuerzas de reacción del suelo al resto del cuerpo. El ejercicio físico supone para el pie recibir una serie de esfuerzos o estrés mecánicos que serán específicos para cada modalidad deportiva, y que van a producir una serie de respuestas (adaptaciones temporales) en su estructura. Estas respuestas dependerán de la modalidad deportiva practicada, de la dirección en la que se produzcan los esfuerzos en cada zona del pie y también de la composición corporal (Sirgo & Aguado, 1991a, 1991b). Aunque la tendencia habitual es hacia una dilatación de la huella en todas sus partes (antepié, mediopié y retropié), unas se verán más afectadas que otras en función del tipo de acciones deportivas realizadas y las zonas más solicitadas. Así, Sirgo y Aguado (1992) encontraron un mayor porcentaje de pie cavo en un grupo de gimnasia rítmica que en otro de gimnasia artística. En otro estudio, Sirgo y Aguado (1991b) concluyen que tras un partido de voleibol, en los jugadores longilíneos se incrementa en mayor grado la longitud que la anchura de la huella plantar, mientras que los jugadores mesomórficos presentan mayor tendencia al ensanchamiento que a la elongación.

Igualmente, podemos encontrar diferencias entre las sollicitaciones mecánicas del pie izquierdo y el derecho del mismo deportista, debidas a asimetrías en la técnica deportiva. Estas diferencias entre ambos pies se dan principalmente en deportes asimétricos, en los que cada una de las extremidades tiene su propia función dentro de las acciones técnicas (pierna de apoyo, pierna de ataque, pierna hábil, etc.). Por ejemplo, los jugadores de balonmano muestran niveles diferentes post esfuerzo en el grado de hundimiento de la huella plantar entre el pie de impulso en el tiro y el otro pie (Sirgo & Aguado, 1991a), mientras que no se encuentran diferencias significativas entre el pie dominante y el no dominante en gimnastas (Sirgo, Aguado, Tejedor, & Brel, 1992). En ocasiones, las diferencias pueden dar pistas acerca de la existencia de sobrecargas en determinados segmentos

y la posibilidad de que se produzcan lesiones musculoesqueléticas.

Por otra parte, se observa y está reconocido en el ámbito de la podología deportiva, que los deportistas entrenados mantienen el arco plantar más elevado que personas sedentarias (Sirgo et al., 1992). Esto indica que cuando los esfuerzos específicos del ejercicio se repiten a lo largo de un periodo de entrenamiento, se tornan en adaptaciones permanentes, que tienden a modelar hacia un pie más cavo, con una mayor altura del arco interno por una mayor rigidez de las estructuras que lo soportan.

El análisis de la huella plantar proporciona una forma sencilla y válida de analizar las estructuras del pie (Shiang, Lee, & Chui, 1998), ya que sus dimensiones son fiel reflejo de las estructuras anatómicas (Hamill, Bates, Knutzen, & Kirkpatrick, 1989). Diversos estudios han comparado el análisis de la huella plantar con la altura del escafoides, indicación directa de la altura del arco, medida por métodos de palpación externa y también por métodos radiográficos. Estos estudios han determinado que el análisis de la huella plantar es útil como método indirecto de medición de la altura del arco (Chu, Lee, Chu, Wang, & Lee, 1995; Kanatli, Yetkin, & Cila, 2001; McCrory, Young, Boulton, & Cavanagh, 1997; Shiang, Lee, Lee, & Chui, 1998; Staheli, Chew, & Corbett, 1987). Existen multitud de protocolos de análisis de la huella plantar, entre los más conocidos, el índice del arco (Cavanagh & Rodgers, 1987), el índice de la longitud del arco (Hawes, Nachbauer, Sovak, & Nigg, 1992), el índice del arco truncado (Hawes, Nachbauer, Sovak, & Nigg, 1992), el índice de la huella (Irwin, 1937) y el ángulo del arco (Clarke, 1933). Para este trabajo se ha escogido el índice de Hernández Corvo (1990), por tratarse de un protocolo muy preciso y claramente definido, además de que es el método empleado en los escasos trabajos que han analizado las modificaciones del pie ante el ejercicio.

La marcha atlética es una modalidad deportiva en la que la técnica del apoyo somete al pie a una serie de esfuerzos que van más allá de la normalidad, y son mantenidos durante periodos muy prolongados de tiempo, aunque por otro lado se aplican de forma simétrica en los dos pies.

Hasta el momento, no se conocen estudios sobre los efectos de esos esfuerzos a partir de las respuestas y adaptaciones del pie en la marcha atlética. No sólo eso, sino que son muy escasos los estudios publicados que prestan atención a este tema, ninguno de ellos en el ámbito internacional, lo que hace difícil la comparación de los resultados. Este trabajo pretende llenar ese importante vacío, ya que en caso de producirse modificaciones notables, éstas tendrían que ser consideradas en aspectos como la planificación del entrenamiento o la elección del calzado deportivo.

Las hipótesis que planteamos son que la marcha atlética se mostrará como una modalidad deportiva simétrica para ambos pies, que producirá respuestas haciendo el pie más ancho proporcionalmente en todo el pie y que las adaptaciones harán que la bóveda plantar se eleve y vuelva el pie más cavo.

Objetivos

Los objetivos del trabajo fueron:

- Analizar la simetría entre pie derecho e izquierdo en la huella plantar de los atletas marchadores antes y después del ejercicio.
- Estudiar los efectos de la marcha atlética sobre la huella plantar en forma de respuestas inmediatas y de adaptaciones a largo plazo.

Material y Métodos

Participantes

La muestra estuvo compuesta por 17 marchadores (8 chicos y 9 chicas) de la región de Murcia. Las características descriptivas son: edad $16,4 \pm 3,8$ años, masa $52,4 \pm 9,5$ kg y talla $166,3 \pm 10,1$ cm. Todos ellos llevaban más de 2 años entrenando marcha atlética con una frecuencia de al menos tres días por semana, eran de buen nivel nacional en sus respectivas categorías y dos de ellos de nivel internacional. Todos los participantes, o sus padres en caso de ser menores de edad, firmaron un consentimiento informado acorde con la legislación sobre ensayos clínicos en humanos. Hasta el momento de las pruebas ninguno de los par-

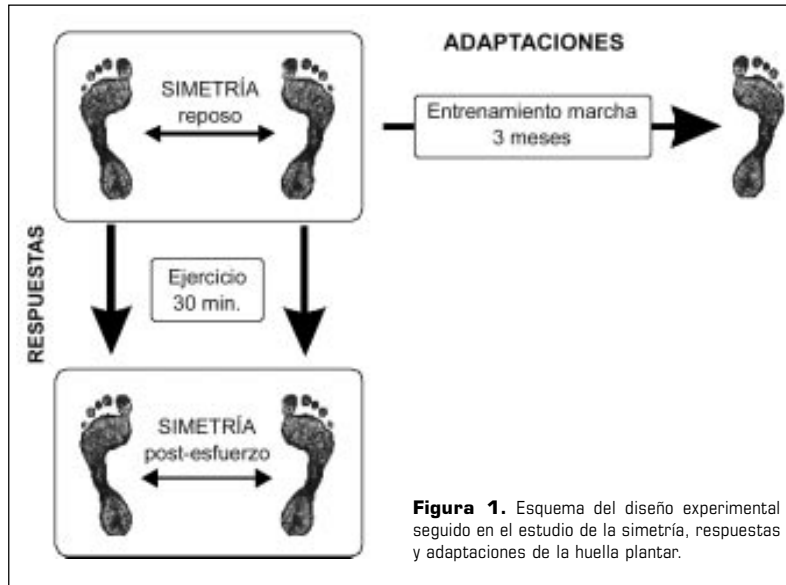


Figura 1. Esquema del diseño experimental seguido en el estudio de la simetría, respuestas y adaptaciones de la huella plantar.

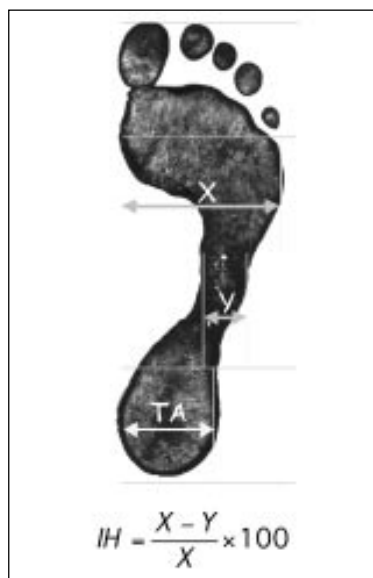


Figura 2. Protocolo seguido para analizar las huellas plantares (Hernández, 1990). IH- índice de la huella; X- ancho del antepié; Y- ancho del mediopié; TA- ancho del talón; LON- longitud del pie.

tipantes había padecido operaciones quirúrgicas ni se le había diagnosticado ningún tipo de alteración en el pie, ni tampoco había usado plantillas ortopédicas que pudieran alterar la forma de la huella plantar o la dinámica del pie.

Protocolos

Con el fin de analizar las asimetrías producidas por la práctica de la marcha, se realizó un registro de la huella plantar de ambos pies en situación de reposo y tras 30 min de marcha a ritmo cómodo por un circuito cerrado de tartán blando

de unos 500 m. Estos mismos registros se utilizaron para analizar las respuestas provocadas en cada pie tras el ejercicio. Para estudiar las adaptaciones producidas por el entrenamiento, se realizaron dos tomas en distintos periodos de la temporada. La primera toma es la ya comentada en la que se analizaron las respuestas, llevada a cabo a mitad de temporada en marzo. La segunda toma se realizó al final del periodo competitivo en junio, en la que se registró únicamente el pie dominante, determinado como el pie preferido para chutar (Hamill, Bates, Knutzen, & Kirkpatrick, 1989). No se registró el otro pie porque no se consideró relevante para la resolución de las hipótesis y por economía de tiempo. En la Figura 1 se muestra un esquema del diseño experimental.

Para obtener las huellas plantares se empleó el método del fotopodograma, descrito por Viladot (1989, 1992), consistente en humedecer la planta del pie con líquido revelador fotográfico para inmediatamente apoyarlo sobre papel de fotografía en blanco y negro. Esta metodología permite obtener registros permanentes de alta calidad (Aguado, Izquierdo, & González, 1997). Los registros se realizaron en apoyo bipodal con los dos pies descalzos permaneciendo en posición anatómica y repartiendo el peso corporal equilibradamente entre los dos pies.

Las huellas plantares se escanearon y se guardaron en formato de imagen digital .jpg con una resolución de 200 ppp y un factor de compresión del 80%.

Análisis de datos

Para analizar las huellas plantares se empleó el índice de la huella descrito por Hernández (1990), que sitúa el tipo de pie en una escala que va desde pie plano hasta pie cavo extremo. El índice relaciona el ancho del antepié con el ancho del mediopié en dirección perpendicular a una línea que une los dos puntos más internos de la huella. El índice se calcula según la ecuación de la Figura 2.

Todas las mediciones se realizaron con el programa Corel Draw 8 con una sensibilidad de 0,01 cm.

Se realizó un análisis de la fiabilidad del método registrando dos huellas consecutivas a 20 sujetos siguiendo el mismo protocolo. Las huellas fueron analizadas por un mismo investigador, resultando para todas las medidas un ICC mayor de 0,96. También se analizó la objetividad comparando el análisis de una misma huella por dos investigadores, se obtuvo un ICC mayor de 0,98.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística no paramétrica, dado el bajo número de sujetos en el apartado de las adaptaciones por muerte experimental. Para comparar las respuestas y las adaptaciones producidas en un mismo pie, se utilizó el test de Wilcoxon de comparación de medias para muestras relacionadas. Para comparar las diferencias entre pie derecho e izquierdo se utilizó el test de la U de Mann-Whitney para muestras independientes. El nivel de probabilidad elegido como estadísticamente significativo fue $P < 0,05$. Todo el análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS 12.0.

Resultados

En la Tabla 1 se presenta la estadística descriptiva de las medidas tomadas en la huella plantar del pie dominante en situación de reposo.

En la Figura 3 se presentan los resultados comparativos de las huellas del pie derecho e izquierdo antes y después del ejercicio. Las diferencias entre ambos pies son mínimas y en ningún caso estadísticamente significativas.

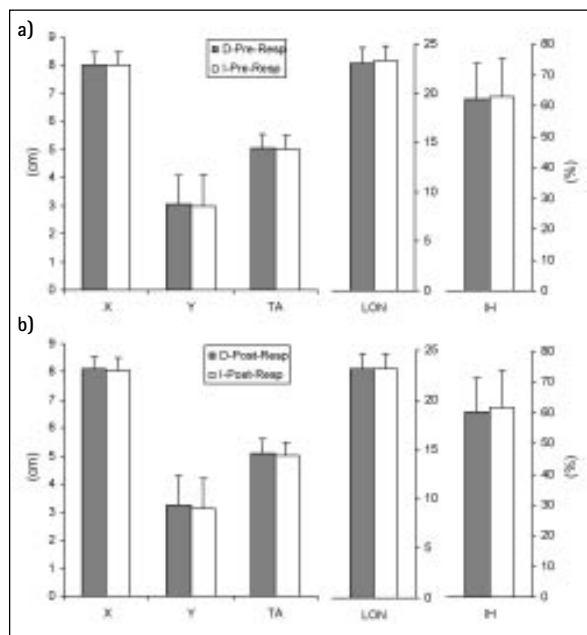


Figura 3. Comparación pie derecho e izquierdo antes del ejercicio (a) y después del ejercicio (b). Las barras de error representan la desviación estándar. D- derecho; I- izquierdo; Pre-Resp- toma previa al ejercicio; Post-Resp- toma posterior al ejercicio; X- ancho del antepié; Y- ancho del mediopié; TA- ancho del talón; LON- longitud del pie; IH- índice de la huella. No se encuentran diferencias significativas en ningún caso, lo que indica simetría en ambos pies. (n = 17).

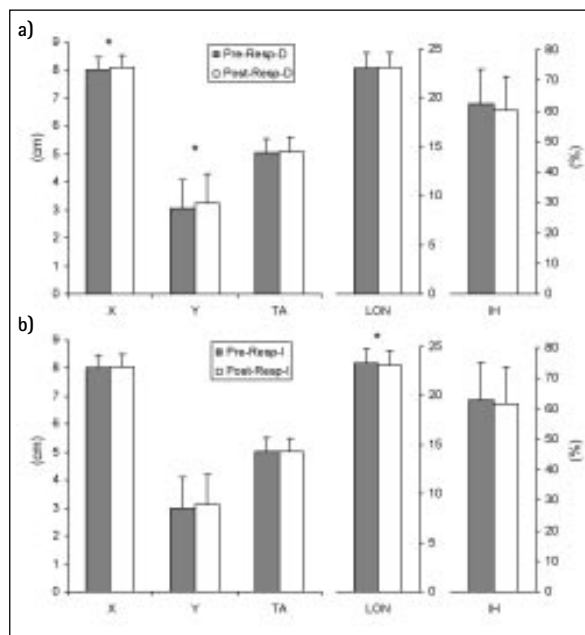


Figura 4. Respuestas producidas por la práctica de 30 min de marcha atlética en el pie derecho (a) e izquierdo (b). Las barras de error representan la desviación estándar. Pre-Resp- toma previa al ejercicio; Post-Resp- toma posterior al ejercicio; D- derecho; I- izquierdo; X- ancho del antepié; Y- ancho del mediopié; TA- ancho del talón; LON- longitud del pie; IH- índice de la huella. * P < 0,05. (n = 17).

En la Figura 4 se muestran los resultados relativos a la medición de las respuestas mediante la comparación de la huella de cada pie antes y después del ejercicio. En las mediciones lineales se aprecia un incremento tras el ejercicio, mayor en el pie derecho. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores del ancho del antepié y del mediopié del pie derecho. Por otra parte, la longitud del pie derecho se incrementó mínimamente, mientras que en el pie izquierdo se redujo significativamente. El índice de la huella disminuyó su valor, aunque no de forma significativa.

En la Figura 5 se pueden observar las modificaciones en la huella plantar del pie dominante a consecuencia de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de la marcha atlética. Estas modificaciones siguen la pauta encontrada en las respuestas del pie derecho, el pie predominantemente analizado en las adaptaciones puesto que todos menos uno eran diestros. Las mediciones lineales muestran un incremento mayor que en las respuestas, resultando estadísticamente significativo para el ancho del antepié y la longitud del pie. El índice de la huella también se redujo, aunque no significativamente.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las mediciones tomadas sobre la huella plantar del pie dominante.

	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo
X (cm)	8,03	0,46	7,36	9,01
Y (cm)	3,03	1,04	1,39	4,67
TA (cm)	5,05	0,51	4,34	6,17
LON (cm)	23,13	1,52	21,04	25,56
IH (%)	62,69	11,41	47,73	81,17

X- ancho del antepié; Y- ancho del mediopié; TA- ancho del talón; LON- longitud del pie; IH- índice de la huella. (n = 17).

Discusión

Se ha visto que el valor medio del índice de la huella de los marchadores en reposo es 62,69%, lo que los encuadra en la categoría de pie cavo. Sin embargo, a pesar de que parece demostrar una tendencia al pie cavo, no se puede concluir que sea debida exclusivamente a la práctica de la marcha atlética, puesto que se han encontrado valores entre el 47,73% y el 81,17% (entre pie normal y cavo fuerte).

Simetría de los pies

Las diferencias encontradas entre pie derecho e izquierdo han sido mínimas tanto en la situación de reposo como después del ejercicio de marcha. Puede concluirse, por tanto, que la marcha atlética es una modalidad deportiva que no pro-

duce asimetrías en la huella plantar. Este mismo comportamiento se ha encontrado en deportistas de gimnasia rítmica y artística (Sirgo et al., 1992), y no en jugadores de balonmano, en los que se encontraron diferencias entre ambos pies tras un partido (Sirgo & Aguado, 1991a).

Respuestas pie derecho y pie izquierdo

El análisis de las respuestas al ejercicio de la huella plantar permite estimar el grado de estrés que supone al pie la práctica deportiva. En el caso de los marchadores, se encontraron incrementos en todas las medidas lineales transversales, tanto en el pie derecho como en el izquierdo. Este incremento representa que el pie tiende a ensancharse, si bien los incrementos son pequeños (menores de 1

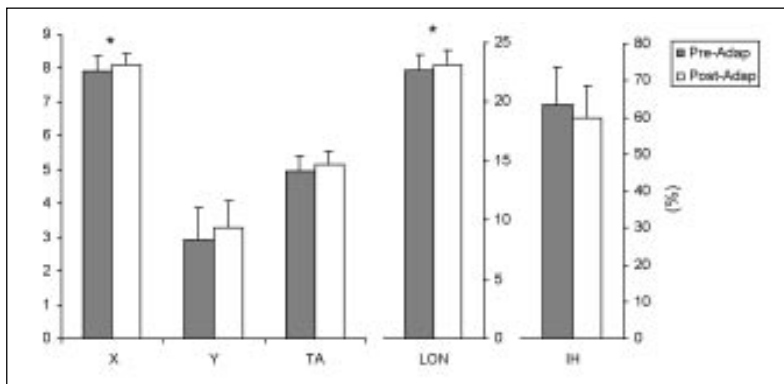


Figura 5. Adaptaciones producidas por el entrenamiento de marcha atlética en el pie dominante. Las barras de error representan la desviación estándar. Pre-Adap- toma de datos inicial antes del periodo de entrenamiento; Post-Adap- toma de datos final al acabar el periodo de entrenamiento; X- ancho del antepié; Y- ancho del mediopié; TA- ancho del talón; LON- longitud del pie; IH- índice de la huella. * $P < 0.05$. (n = 10).

cm). Es posible que el tiempo de ejercicio planteado no suponga un estímulo suficientemente intenso como para producir manifestaciones más acusadas. En cualquier caso, en la medida del ancho del antepié y la del mediopié del pie derecho han mostrado ser estadísticamente significativas. En cuanto a la longitud del pie, también se aprecia un comportamiento distinto entre los pies, puesto que en el derecho aumenta mínimamente mientras que en el izquierdo se reduce significativamente. Resulta llamativo encontrar modificaciones distintas en ambos pies, ya que como se ha comentado anteriormente, no se aprecian diferencias entre ellos antes ni después del ejercicio. Creemos que las diferencias se deben a que la marcha se realizó en un circuito cerrado girando siempre en sentido antihorario, lo que podría suponer una sobrecarga distinta en cada extremidad inferior. El acortamiento en longitud del pie izquierdo podría deberse a una mayor tensión en las estructuras del arco por tener que soportar el peso verticalmente, que hace que se acorte aún sin manifestarse en modificaciones en el índice del arco. Mientras que el pie derecho, al tratarse del pie exterior a la curva tendría que soportar mayores presiones mediolaterales. Teniendo en cuenta que gran parte del entrenamiento de la marcha atlética se realiza en circuitos de este tipo y que además es una modalidad deportiva cíclica de larga duración, sería lógico pensar que se convierte en un factor de riesgo de cara a producir descompensaciones y sobrecargas. Esto nos lleva a sugerir que se eviten los circuitos cerrados circulares en los entrena-

mientos, sustituyéndolos por otros abiertos con igualdad de curvas a ambos lados, y si esto no es posible, al menos alternar frecuentemente el sentido de giro.

En cuanto al índice de la huella, se observa que reduce su valor con el ejercicio en los dos pies, lo que se interpreta como un desplazamiento hacia el pie plano. Sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas, por lo que no se puede asegurar la generalización de este hecho.

Adaptaciones

En el análisis de las adaptaciones se tomó únicamente la huella del pie dominante, con lo que no se pueden realizar comparaciones entre pie derecho e izquierdo. Aún así, todos los marchadores menos uno eran diestros, y el comportamiento observado en el sujeto zurdo fue similar al de los demás.

Las adaptaciones producidas siguen un patrón similar al de las respuestas. Todas las variables lineales aumentan mientras que el índice de la huella disminuye. El incremento del ancho del antepié resulta ser significativo, como ocurría en el análisis de las respuestas. Por otra parte, el ancho del mediopié es el que más incremento medio presenta, aunque no resulta ser significativo por una mayor variabilidad. En todos los análisis se ha observado que el ancho del mediopié es la variable con mayor variabilidad, medida por la desviación estándar. Esto es lógico, dado que es la parte del pie en la que la piel sigue una dirección menos perpendicular al suelo, haciendo que pequeñas modifi-

caciones en la estructura del pie en esa zona se manifiesten con una mayor área de impresión.

Creemos que el descenso en el número de sujetos por muerte experimental en el estudio completo de las adaptaciones (n = 10) hizo que no se manifestara un mayor número de diferencias significativas.

Comúnmente se admite que los deportistas presentan pies más cavos que personas sedentarias (Sirgo et al., 1992), lo que se interpreta como una adaptación al ejercicio. Sin embargo, en nuestro estudio los marchadores presentan una tendencia a manifestar un pie más plano, como así lo demuestra el descenso en el valor del índice de la huella. Es posible que la adaptación tendente a hacer el pie más cavo se produzca en periodos más prolongados de tiempo, como de una temporada a otra y no dentro de una misma temporada, con lo que el periodo analizado de 3 meses sería insuficiente para detectar cambios.

También el incremento significativo en longitud del pie puede entenderse como un hundimiento del arco plantar. De todas formas, este resultado debe ser tomado con cautela, puesto que muchos de los marchadores se encontraban en edad de crecimiento, y los tres meses transcurridos entre los registros pueden haber supuesto tiempo suficiente para aumentar de forma espontánea la longitud del pie.

Como conclusión, se ha cumplido la hipótesis de que la marcha atlética se manifiesta como una modalidad simétrica en cuanto a la huella plantar, tanto antes como después del ejercicio. También la hipótesis referida a las respuestas se ha cumplido, puesto que se ha comprobado que ensancha proporcionalmente la huella plantar. Sin embargo se encontraron modificaciones distintas en el pie derecho e izquierdo, que achacamos al repetido sentido de giro del circuito. Por otra parte, no se ha cumplido la hipótesis de las adaptaciones, ya que el índice de la huella no muestra un pie más cavo, en todo caso más plano, aunque las diferencias no han sido significativas. Sería interesante realizar un estudio con una muestra más numerosa para observar si los pies más planos y los más cavos se comportan de igual forma o tienden a producir respuestas y adaptaciones distintas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, X., Izquierdo, M. & González, J.L. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León: Universidad de León.
- Cavanagh, P.R. & Rodgers, M.M. (1987). The arch index: a useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*, 20(5), 547-551.
- Clarke, H.H. (1933). An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Research Quarterly*, 4, 99-107.
- Chu, W.C., Lee, S.H., Chu, W., Wang, T.J. & Lee, M.C. (1995). The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 42(11), 1088-1093.
- Hamill, J., Bates, B.T., Knutzen, K.M. & Kirkpatrick, G.M. (1989). Relationship between selected static and dynamic lower extremity measures. *Clinical Biomechanics*, 9, 145-149.
- Hawes, M.R., Nachbauer, W., Sovak, D. & Nigg, B.M. (1992). Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot & Ankle*, 13(1), 22-26.
- Hernández, R. (1990). *Morfología funcional deportiva* (Vol. II). Esplugas: Secretaría General de l'esport.
- Irwin, L.W. (1937). A study of the tendency of school children to develop flat-footedness. *Research Quarterly*, 8, 46-53.
- Kanatli, U., Yetkin, H. & Cila, E. (2001). Footprint and radiographic analysis of the foot. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 21, 225-228.
- McCrory, J.L., Young, M.J., Boulton, A.J.M. & Cavanagh, P.R. (1997). Arch index as a predictor of arch height. *Foot*, 7, 79-81.
- Shiang, T.Y., Lee, S. H., Lee, S. J. & Chui, W.C. (1998). Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *Ieee Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 17(6), 62-66.
- Sirgo, G. & Aguado, X. (1991a). Estudio de las variaciones en el pie de apoyo mediante el método de la huella plantar en jóvenes jugadores de balonmano. *Archivos de Medicina del Deporte*, 8, 42.
- Sirgo, G. & Aguado, X. (1991b). Estudio del comportamiento de la huella plantar en jugadores de voleibol después del esfuerzo considerando su composición corporal y somatotipo. *Apunts Medicina de l'Esport*, 18, 207-212.
- Sirgo, G., Aguado, X., Tejedor, J.C. & Brel, J. (1992). El niño ante el deporte de competición visto desde el punto de vista biomecánico, a propósito de un estudio transversal basado en la función de apoyo de gimnastas. *Perspectivas de la Actividad Física y el Deporte*, 11, 13-17.
- Staheli, L.T., Chew, D.E., & Corbett, M. (1987). The longitudinal arch. *Clinical Orthopaedics*, 69, 426-428.
- Viladot, A. (1989). *Quince lecciones sobre patología del pie*. Barcelona: Toray.
- Viladot, A. (1992). Surgical treatment of the child's flatfoot. *Clinical Orthopaedics*, 283, 34-38.

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Católica San Antonio de Murcia mediante el proyecto de investigación PMAFI-PI-03/1C/02.
