

DIFERENCIAS EN LAS PRESIONES PLANTARES EN CORREDORES DE FONDO CORRIENDO DESCALZO O CALZADO

José Antonio Berna Gascón^a y Raul Cortés Mir^b

Fechas de recepción y aceptación: 28 de marzo de 2013, 17 de abril de 2013

Resumen: En la actualidad, existen dos tendencias deportivas en la carrera a pie, la que se inclina por las zapatillas amortiguadoras destinadas a disipar la energía en el talón, las rodillas y caderas y la que está desarrollando el correr descalzo, basándose en que las estructuras del ser humano son capaces de disipar las energías por medio de sus esqueletos y movilidad articular.

Se eligieron diez corredores de fondo y fueron sometidos a un estudio en carrera de 5 minutos, de forma aleatoria corrían descalzos o con zapatillas. La biomecánica se evaluó por medio de un sistema llamado Sensore-X. Se registraron las presiones plantares al contacto con el suelo.

Las presiones plantares máximas en los corredores no alcanzaron los 2,7 kg/cm², mientras que los corredores descalzos presentaron picos de presión plantar de hasta 5 kg/cm².

Las presiones plantares de los corredores se vieron alteradas al correr con zapatillas amortiguadoras al contrario de lo que sucede al ir descalzo. Los corredores que no utilizaban zapatillas mostraron patrones de huella plantar, en los que el punto de mayor presión se localizaba en la cabeza del primer metatarsiano y en el talón externo; en los corredores de zapatillas la presión plantar era más distribuida.

Palabras clave: presiones plantares, punto de mayor presión, corredores.

^a Facultad de Podología. Universidad de Elche.

^b Facultad de Podología. Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir".

Correspondencia: Calle Santa Lidia, 10. 03340 Albufera. Alicante. España.

E-mail: jos.berna@gmail.com.



Abstract: At present, two sports trends exist in the career afoot, which inclines for the buffer slippers, destined to remove the energy in the heel, knees and hips and the one that it is developing to run I take off, being based that the structures of the human being are capable of removing the energies by means of his skeletons and mobility to articulate. They were elected ten long-distance runners and were submitted to a study in career of 5 minutes, of random form they were running barefooted or with slippers. The biomecánica was evaluated by means of a system called Sensore-X. The pressures were registered you will plant to the contact with the soil.

The maxims pressures of plant on the runners they did not reach the 2,7 kg/cm², whereas the barefooted corridors presented beaks of pressure to plant of up to 5 kg/cm². The plant pressures of the runners, they met altered on having run with buffer slippers, opposite to going shoeless. The corridors that were not using slippers showed bosses of fingerprint to plant, where the point of major pressure was located in the head of the first metatarsal one and in the external heel, in the corridors of slippers the pressure to plant it was more distributed.

Keywords: plantar pressures, highest pressure point, runner.

INTRODUCCIÓN

Debido a que en la actualidad está apareciendo una nueva tendencia deportiva en los corredores de *running*, se produce un enfrentamiento entre dos corrientes ideológicas.

Por un lado, encontramos la tendencia a correr con zapatillas cada vez más orientadas a reducir la presión plantar y aumentar la amortiguación del pie y la rodilla mediante nuevos materiales, con la finalidad de darle mayor comodidad y estabilidad al corredor de *running*. Los defensores de las zapatillas *running* defienden que durante la carrera las estructuras del pie reciben, absorben y mitigan las fuerzas verticales y que las zapatillas disipan esas fuerzas de impacto. Ross H. Miller (1) establece que el gasto energético en carrera solo mejora en algunos sujetos y no en todos los que utilizan zapatillas minimalistas.

En los últimos tiempos, aparece una segunda tendencia conocida como *barefoot* o *minimal* que consiste en correr descalzo o con unas zapatillas con una amortiguación menor o casi nula. Esta nueva tendencia se basa en que el ser humano está diseñado para adaptarse y correr grandes distancias en condiciones difíciles (2,3). Además demuestran que el corredor se cansa menos al correr descalzo, ya que sus músculos y tendones almacenan más energía por la acción excéntrica, disminuyendo en un 5% el gasto de energía (Desvio *et al.* 2005; Squadrave y Gallozzi 2009) (9). También defienden que la rodilla tiene menos rigidez al correr descalzo y señalan pequeñas diferencias en la eversión del tobillo y la rotación tibial (Coyles *et al.* 2001; Stacoff *et al.* 2000).



MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio participaron diez corredores de fondo con edades comprendidas entre 20 y 35 años más o menos. En cuanto a los criterios de inclusión para la participación en el estudio, se descartaron aquellos sujetos con escoliosis, disimetrías en la extremidad superior y/o lesiones producidas en los últimos seis meses que puedan afectar a la biomecánica del sujeto o afectar a los patrones normales de la marcha. Antes de la realización del estudio, los sujetos fueron informados de las características del estudio y firmaron voluntariamente un consentimiento informado para la realización de este.

Antes de comenzar a analizar la presión plantar de los sujetos, estos se sometían a un análisis visual en el que se observaban determinados patrones en el cuerpo, indicativos de escoliosis y disimetrías mediante la escala visual *The Trunk Appearance Perception Scale* (TAPS).

Después los sujetos se sometían a una exploración podoscopia para descartar los parámetros anómalos de la huella plantar.

Una vez recopilada la información antropométrica, se instrumentó a los sujetos con un sistema de pedobarografía Sensore-X diseñado para recoger las presiones plantares en dinámica. Se toma la presión plantar del pie dominante.

Con el fin de evitar influencias por el tipo de calzado en el registro de la presión plantar, todos los sujetos del estudio utilizaron su calzado de entrenamiento habitual para evitar modificaciones de la técnica personal. Todas las zapatillas mostraban similares características en cuanto a la altura de la mediasuela y elementos estabilizadores: mediasuela baja y blanda, misma densidad en la zona interna y externa y sin ningún sistema especial de control del movimiento. La prueba consistió en un calentamiento del sujeto de 15 minutos en cinta a una velocidad media de 3,5 km/min, tras el cual el sujeto corría aleatoriamente con zapatillas o descalzo (*minimal*), al mismo tiempo que se registraba la presión plantar durante 5 minutos; cada participante realizaba el estudio descalzo y calzado con el fin de observar cómo se modificaba la presión plantar en ambas situaciones.

Mediante el *software* del Sensore-X, se seleccionaron cien pasos del pie dominante (descartándose siempre el primer y último minuto de carrera) de los que se exportó la variable: presión media en cada zona, definida como la media de los valores máximos de cada sensor que configuraban cada zona (expresada en kilogramos por cm²).

Al tratarse de un estudio observacional transversal cuantitativo, los pacientes no fueron seguidos en el tiempo, no obstante las mediciones se realizaron dividiendo el pie en tres segmentos y estos a su vez en diversas localizaciones: antepié, mediopie y retro-pié. En el antepié: pulpejo del primer dedo, cabeza del primer metatarsiano, segunda y tercera cabeza y espacio de cuarta y quinta cabeza metatarsal. En el mediopie: base del quinto metatarsiano, y en el retro-pié: apoyo del calcáneo externo e interno. Estas zonas



se midieron en ambas pruebas, tanto descalzo como con zapatillas. Después se realizó la media de las presiones máximas plantares calzado para cada zona y sujeto. Se realizó el comparativo descalzo y calzado.

RESULTADOS

Si observamos las presiones plantares en el corredor descalzo (tabla 1) encontramos que el talón externo es la zona que más presión soporta, se aprecia que el contacto se inicia en el retropié por la parte posteroexterna (presión máxima situada a 4,02 kg/cm² del ancho del pie), en el mediopié la presión máxima es de 1,08 kg/cm² y en el antepié se ve a la altura de la segunda y tercera cabeza metatarsal (3,55 ± 0,02 kg/cm²).

TABLA 1
Presiones corredores descalzos

<i>Columna 1</i>	<i>1.º dedo</i>	<i>1.º cab.</i>	<i>2.º cab.</i>	<i>3.º cab.</i>	<i>4.º y 5.º cab.</i>	<i>Apófisis estiloide</i>	<i>Talón int.</i>	<i>Talón ext.</i>
10 a 20 pasos	2,42	1,84	5,15	3,68	0,64	0,91	0	3,76
20 a 30 pasos	1,91	1,491	2,81	4	0,66	1,05	0,02	4,06
30 a 40 pasos	1,2	2,24	5,15	3,35	0,22	1,05	0,18	4,34
40 a 50 pasos	1,16	1,83	4,68	3,43	0,27	1,01	0,26	4,6
50 a 60 pasos	1,64	2,16	2,85	3,65	0,43	0,85	0,14	4,39
60 a 70 pasos	1,52	1,91	3,01	3,86	0,46	1,24	0	4,16
70 a 80 pasos	1,59	2,39	3,11	3,06	0,02	1,18	0,29	4,16
80 a 90 pasos	1,77	1,72	2,93	3,8	0,37	1,29	0,05	4,16
90 a 100 pasos	1,79	2,96	2,91	3,09	0,2	1,06	0,24	4,23
100 a 110 pasos	1,69	2,22	3,22	3,52	0,24	1,28	0,07	4,17
110 a 120 pasos	2,13	2,2	3,01	3,68	0,45	1,02	0,14	4,22
Media	1,71	2,08	3,53	3,55	0,36	1,08	0,12	4,20

Al observar las presiones medias máximas en corredores calzados (tabla 2), encontramos que las presiones se encuentran más distribuidas. En el retropié, 1,88 ± 0,23 kg/cm²; en el mediopié, 1,58 kg/cm², y en el antepié se observa un aumento en el pulpejo del primer dedo de 2,54 kg/cm², lo que indica que la presión aumenta en la fase de despegue probablemente por la curvatura que adoptan las zapatillas *running* en la punta.



TABLA 2
Presiones corredores calzados

Columna 1	1. ^{er} dedo	1. ^{er} cab.	2. ^o cab.	3. ^{er} cab.	4. ^o y 5. ^o cab.	Apófisis estiloide	Talón int.	Talón ext.
10 a 20 pasos	2,67	1,54	1,57	1,69	0,62	1,53	1,93	1,72
20 a 30 pasos	2,69	1,56	1,71	1,71	0,62	1,53	1,92	1,69
30 a 40 pasos	2,66	1,58	1,73	1,71	0,63	1,52	1,89	1,66
40 a 50 pasos	2,67	1,59	1,74	1,76	0,66	1,54	1,84	1,6
50 a 60 pasos	2,59	1,57	1,69	1,63	1,58	1,49	1,95	1,71
60 a 70 pasos	2,45	1,43	1,69	1,79	0,7	1,58	1,83	1,62
70 a 80 pasos	2,45	1,49	1,68	1,74	0,67	1,57	1,92	1,69
80 a 90 pasos	2,47	1,49	1,71	1,78	0,69	1,57	1,84	1,58
90 a 100 pasos	2,37	1,35	1,66	1,83	0,74	1,62	1,96	1,69
100 a 110 pasos	2,46	1,53	1,71	1,81	0,72	1,58	1,82	1,59
110 a 120 pasos	2,49	1,5	1,66	1,75	0,68	1,91	1,85	1,6
Media 1 min	2,54	1,51	1,68	1,74	0,75	1,58	1,88	1,65

DISCUSIÓN

El propósito de nuestro estudio era realizar la descripción de las presiones plantares máximas en el corredor descalzo y compararlo con el corredor calzado durante la carrera. No se realizó una distinción de la huella plantar como expone el estudio Cavanagh y Rodgers (1987)²¹, en el que se clasifican los pies en arco alto, normal y plano, puesto que esta nueva moda de carrera descalza no hace distinción en cuanto a que los corredores deben tener una determinada huella plantar. Autores como Lieberman, Venkadesan, Daoud y Werbel²⁰ defienden que el ser humano está preparado para adaptarse a las distintas superficies y sus estructuras óseas musculares y tendinosas se adaptarán a estas. Sin embargo, sus estudios se realizaron en laboratorios bajo cintas corredoras, y estudios como D'Aouit⁶ en África e India, bajo superficies no modificadas por el hombre.

Al analizar las presiones plantares en corredores debemos asumir que estos realizan sus actividades en multitud de superficies y, en general, en asfalto (superficie dura y modificada por el hombre). En nuestro estudio, observamos que en los corredores descalzos las presiones máximas del retropié son superiores a las del antepié, esto se explica por las dos imposiciones reglamentarias que caracterizan a *running*: mantener la rodilla extendida cuando el cuerpo pasa por encima del pie y permanecer siempre con un pie en



contacto con el suelo. Sin embargo debido a los materiales de amortiguación que poseen las zapatillas en los corredores calzados, la presión máxima se ve mucho más distribuida a lo largo de las distintas estructuras.

En un estudio realizado en corredores con distintos tipos de calzado (Hennig & Milani, 1995)²², encontramos resultados parecidos en las presiones plantares en antepié y retropié. En los corredores descalzos, y con la necesidad de mantener una velocidad, se produce un impulso horizontal que explicaría en ellos el porqué existe una gran presión plantar en el talón externo y en la segunda y tercera cabeza metatarsal.

En nuestro estudio, los corredores iban a la velocidad a la que se suele competir. Estudios como el de Segal *et al.*, 2004²³, establecen una relación entre la velocidad de desplazamiento y las presiones máximas; además se evidenció que un aumento de velocidad afectaba de manera diferente a las distintas regiones del pie. Aunque asumimos que entre medición y medición puede variar la velocidad de un corredor, y por lo tanto sus presiones plantares, no es aplicable a nuestro estudio puesto que cada corredor fue medido con ambas modalidades y comparando sus presiones calzado y descalzo.

En el estudio de Segal *et al.*, 2004²³, el talón y el primer metatarsiano era en los que se encontraban las mayores presiones, y estas aumentaban linealmente con la velocidad. Sin embargo, en nuestro estudio los corredores calzados presentaban mayor presión en el talón y en la segunda y tercera cabeza, esto puede ser debido a que no hemos puesto criterios de exclusión a las patologías del primer radio.

Respecto a la distribución de las presiones en corredores calzados, las mayores presiones se producen en el antepié mientras que en los corredores descalzos se produce en el retropié. Por lo tanto podemos establecer que los pacientes que siguen la tendencia a correr descalzos podrán ser susceptibles de patologías en el antepié y retropié; en primer lugar, el aumento de la presión en la zona del antepié en corredores descalzos hace intuir un aumento a largo plazo de patologías de estos radios, además de una posible aparición de hiperqueratosis, helomas e incluso atrofia de la grasa plantar en el antepié y retropié.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el estudio nos permiten extraer las siguientes conclusiones:

- Las presiones plantares máximas en corredores descalzos son soportadas por el retropié y el antepié, llegando al doble que en el corredor calzado.
- Las presiones plantares máximas en corredores calzados se dan en el antepié.
- En corredores descalzos, la presión máxima en el mediopié es casi inexistente.



- En corredores calzados, se produce una distribución más equitativa de las presiones plantares.

BIBLIOGRAFÍA

1. Miller RH, Umberger BR, Hamill J, and Caldwell GE . Evaluation of the minimum energy hypothesis and other potential optimality criteria for human running. *Proceedings of the Royal Society, B.* 2012; 279, 1498-1505.
2. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, Mang'eni RO, Pitsiladis Y. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature.* 2010 463: 531-5.
3. Bramble DM and Lieberman DE. Endurance running and the Evolution of Homo. *Nature.* 2004. Nov 18 432: 345-352.
4. Chi KJ, Schmitt D. Mechanical energy and effective foot mass during impact loading of walking and running. *J Biomech.* 2005 Jul; 38(7): 1387-95.
5. Munro C.F, Fuglevand A.J. Ground reaction forces in running: A reexamination, *Biomechanics*, 1987; 2. (20): 147-135.
6. D'Aou[^] K, Pataky TC, Clercq PD. Aerts AD. The effects of habitual footwear use: foot shape and function in native barefoot walkers. *Footwear Science.* 2009; *Footwear Science.*
7. Judith SR. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): una nueva herramienta para la evaluación objetiva de la percepción de la deformidad del tronco en pacientes con escoliosis idiopática [tesis doctoral]. Unidad de Raquis del Hospital Universitario, departamento de cirugía, universidad autónoma de Barcelona. 2010.
8. Mulero A, Suero MA, Vielba A, Cuadros F(2002). El Sistema Internacional de Unidades. *Rev Esp Fis* 16(5): 41-45.
9. DE. Lieberman, Madhusudhan V, William AW, Adam ID, Susan DA, Irene SD. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature.* 2011. 531-535.
10. Comunidad Valenciana. Fisioterapeuta de la agencia valenciana de salud. Madrid: Cep editorial. 2007.
11. Erik T. Anatomical evidence for the antiquity of human footwear use. *Journal of Archaeological Science.* 2005. 32. Feb 14; 1515-26.
12. Brigit DW, Dirk DC, Peter A. Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *Journal of Archaeological Science.* 2000; Oct 13. 33: 269-78.



13. Amir AZ , Ali AN. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. *Clinical Biomechanics*; 2011. Aug 20. 26: 23-28.
14. Allison R, Altman SD, Irene SD. Is midfoot striking during running advantageous over rearfoot or forefoot striking? 27.
15. Diccionario de la Lengua Española. 21.^a ed. Madrid: Real Academia Española; 1992. Pelvímetro; p. 1564.
16. herbitas.com, Sensore-X, 2 pies [sede web]. Valencia: Herbitas.com, 2012-[actualizada el 9 de Mayo de 2013; acceso el 11 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://www.herbitas.com/sensorex-2-pies-p-4-50-3166/>
17. Tomas GM, Manero E. Diccionario de Bioética para estudiantes. 1º ed. Jaén: Formación Alcalá; 2008.
18. Julio H, Solostock.com, Málaga; 2013 [6 de Enero de 2013; acceso 28 de Marzo 2013]. Disponible en: <http://catalog.ssstatic.com/catalog-2723244-67.pdf>.
19. Hamill, J., Bates, B. T., Knutzen, K. M., & Kirkpatrick, G. M. Relationship between selected static and dynamic lower extremity measures. *Clinical Biomechanics*, 1989. 9, 145-149.
20. Daniel E. Lieberman, Madhusudhan Venkadesan, Adam I. Daoud, William A. Werbel. Harvard. Cambridge ; 2010- [actualizada el 20 de Enero de 2010; acceso 14 de Marzo 2013]. Disponible en: <http://barefootrunning.fas.harvard.edu/index.html>
21. Cavanagh, P. R., & Rodgers, M. M. The arch index: a useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*, 1987. 20(5), 547-551.
22. Hennig, E. M., & Milani, T. L. In-shoe pressure distribution for running in various types of footwear. *Journal of Applied Biomechanics*, 1995. 11, 299-310.
23. Segal, A., Rohr, E., Orendurff, M., Shofer, J., O'brien, M., & Sangeorzn, B. The effect of walking speed on peak plantar pressure. *Foot & Ankle International*, 2004. 25(12), 926-933.
24. Elvira, J.L.L.; Vera-García, F.J.; Meana, M.; García, J.A. Análisis biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. Relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantar. *Motricidad.European Journal of Human Movement*, 2008: 20, 37-55.

