

## Diferencias de la pisada en estático después de una maratón

### Differences in static footstep after a marathon

Víctor José Fernández-Torres, Cristina Robles-Rodríguez, Guillermo De Castro-Maqueda, Victoria Candelario Poteleschenko, Jose Vicente Gutierrez-Manzanedo, Jesus Gustavo Ponce-Gonzalez  
Universidad de Cádiz (España)

**Resumen:** introducción: Correr maratones es uno de los deportes más en auge de los últimos años, sin embargo existen pocos estudios biomecánicos de la pisada del pie, lo cual podría mejorar la eficiencia de la carrera y a prevenir lesiones. Objetivos: Determinar el efecto de correr una maratón sobre la pisada del corredor y averiguar la relación entre edad y la presión plantar antes y después de una maratón. Métodos: Se seleccionó a 15 corredores de los participantes en la Maratón de Madrid 2014. Tras pasar un reconocimiento médico y cumplir los criterios de inclusión, a cada uno de los corredores se le tomó medidas de fuerza, presión plantar y superficie de apoyo antes y después de correr la maratón. Las medidas se tomaron totalmente descalzos y utilizando una plataforma de presiones. Resultados: Los atletas mostraron una disminución de la superficie total de apoyo tanto del pie derecho como del pie izquierdo ( $p = .02$  y  $p < .001$ ; respectivamente). La presión media total del pie izquierdo se incrementó justo al acabar la prueba de maratón ( $p = .02$ ). La edad se asoció negativamente con la superficie de apoyo de la parte delantera del pie izquierdo ( $r = -.55$ ,  $p = .04$ ), con el porcentaje de la fuerza en la parte delantera del pie izquierdo ( $r = -.52$ ,  $p = .05$ ), con la distribución de la parte delantera del pie derecho ( $r = -.53$ ,  $p = .05$ ). Conclusiones: El correr una maratón y la edad parece estar afectando al patrón de carrera, y por consiguiente al apoyo plantar. Este hecho puede estar provocado por el cansancio de la prueba y por ritmo más lento que llevan los maratonianos de más edad.

**Palabras clave:** Pisada, plataforma presiones, maratón, corredores, edad.

**Abstract:** background: Marathon is a sport that had a boom in recent years. However, there are few biomechanical studies on footsteps, which could promote running efficiency and injuries prevention. Purpose: To determine the effects of marathon races on plantar pressure before and after a marathon race and to determine the relationship between age and plantar pressure before and after a marathon. Methods: We selected 15 runners who participated in Madrid's Marathon 2014. After medical examination and explanation of the inclusion criteria to all participants, barefoot pressures in a static and standing position was measured on a pressure platform before and just at the end of the marathon. Measurements were taken with participants being completely barefoot and using a pressure platform. Results: After marathon, athletes showed a decrease in the total area of support of footsteps both in the right and left feet ( $p = .02$  y  $p < .001$ ; respectively). The total mean pressure of left foot was increased just at the end of the race ( $p = .02$ ). The age was negatively associated with the surface of front part in left foot ( $r = -.55$ ,  $p = .04$ ), with the percentage of the force of the front part of the left foot ( $r = -.52$ ,  $p = .05$ ) and with the forces distribution of the front part in the right foot ( $r = -.53$ ,  $p = .05$ ). Conclusions: Running a marathon and age seems to be affecting the race pattern, as well as footsteps. This fact could be caused by fatigue and the slower race velocity of older runners.

**Keywords:** Footprint, pressure platform, marathon, runners, age.

### Introducción

Correr, y en especial correr maratones, es uno de los deportes populares que más está incrementándose en los últimos años. Se ha demostrado que correr contribuye a mejorar la salud y la capacidad cardiopulmonar (Ho et al., 2010). En 2001, cinco de las mejores maratones del mundo (Boston, Chicago, Berlín, Londres y Nueva York) tuvieron un total de 121.291 atletas que finalizaron la prueba. En 2010, el total de atletas que terminaron dichas pruebas se incrementó en un 43% con 173.958 atletas en meta (Hauswirth & Lehenaff, 2001). Sin embargo, el porcentaje de hombres que corren maratones y cuentan con un entrenador es relativamente bajo en atletas (Zarauz-Sancho, Ruiz-Juan, Flores-Allende, & García Montes, 2017). Como consecuencia, las lesiones en corredores han incrementado, sobre todo en el miembro inferior (Buist, Bredeweg, Lemmink, van Mechelen, & Diercks, 2010), y sobre todo por un aumento de las fracturas de metatarso por estrés (Nagel, Fernholz, Kibele, & Rosenbaum, 2008). El acúmulo de cargas sobre los pies podría ser una de las causas de este tipo de problemas (Bennell, Matheson, Meeuwisse, & Brukner, 1999). La distancia recorrida en los maratones (42km 195m) puede producir cambios biomecánicos como consecuencia de la fatiga neuromuscular acumulada durante la carrera (Clarke, Cooper, Hamill, & Clark, 1985) que necesitan ser estudiados a fondo, sin embargo no existen investigaciones al respecto con maratonianos amateur.

El pie es una estructura compleja que soporta el peso corporal y transmite los impactos a la superficie al estar de pie, caminando o corriendo (Ramanathan, Kiran, Arnold, Wang, & Abboud, 2010). En efecto, la fuerza vertical aplicada durante la carrera parece ser 2,5-2,8 veces el peso corporal, el cual puede verse alterado tras la fatiga producida por una maratón (Cavanagh & Lafortune, 1980). Existen diferentes

herramientas de medida para la evaluación de la huella plantar (Lara Diéguez, Lara Sánchez, Zagalaz Sánchez, & Martínez-López, 2011). En ciencias del deporte, la presión ejercida por área es una de las variables más utilizadas para medir las fuerzas aplicadas por los pies (Hohmann, Reaburn, Tetsworth, & Imhoff, 2016) siendo los métodos estáticos de obtención de la huella plantar los más usados a la hora de estudiar la estructura del pie (Lee, Kim, Jeong, Kwon, & Jeong, 2015). A través de ellos se puede dar solución, entre otros, a problemas tanto de lesiones de pies como de miembro inferior. Diversos estudios han comparado la distribución de la presión plantar en corredores y tras los efectos de la fatiga (Fourchet et al., 2012; Garcia-Perez, Perez-Soriano, Llana, Martinez-Nova, & Sanchez-Zuriaga, 2013; Nagel et al., 2008; Weist, Eils, & Rosenbaum, 2004). En ese sentido, Fourchet et al. estudió el efecto de la presión de la pisada a dos velocidades diferentes, encontrando valores más bajos en área de contacto, fuerza máxima y pico de presión (PP) a velocidades más lentas, mientras que el tiempo de contacto fue mayor. Curiosamente, también encontró un aumento en la carga relativa en las regiones medial y central del pie a velocidades más lentas, mientras que la carga relativa bajo los dedos de los pies disminuyó (Fourchet et al., 2012). La fatiga producida tras 30' de carrera al 85% de la velocidad aeróbica máxima produjo una reducción de la frecuencia de zancada y del PP en el talón lateral y dedo gordo del pie en un estudio con 27 corredores recreacionales (García-Perez, Perez-Soriano, Llana, Martinez-Nova, & Sanchez-Zuriaga, 2013).

Las variaciones post-ejercicio de la presión plantar han sido investigadas por otros autores (Nagel et al., 2008; Weist et al., 2004). En el estudio de Nagel et al. (2008), en el que se analizaron a 200 corredores participantes en la Muenster Marathon de 2004, antes y después de la prueba con una plataforma de presiones, demostró que hay una diferencia significativa entre el pre y post carrera, siendo los picos de presión y valores totales mayores en la parte delantera del pie. Asimismo, el incremento postejercicio del pico de presión bajo la cabeza de los metatarsianos puede explicar el aumento de las fracturas por estrés de los corredores de larga distancia. En este sentido, un estudio de Weist et al. (2004) realizado con 30 corredores corriendo por encima de su

umbral anaeróbico, con plantillas que median la presión de los pies, demostraron un aumento de los picos de presión de un 12% en el segundo y tercer metatarsiano cuando aparece la fatiga, que puede ayudar a explicar las fracturas por estrés de los metatarsianos por condiciones de fatiga y aumento de cargas.

En un estudio reciente de Hohmann et al. (2016) con 10 corredores de maratón, se analizaron los picos de presión y la presión media en ambos pies mediante plantillas antes y después de una maratón, y cada tres kilómetros durante la prueba. No se encontraron diferencias significativas en la presión plantar influenciadas con la fatiga (Hohmann et al., 2016). Esto puede ser debido a que cuando la fatiga va apareciendo, los corredores tienden a cambiar la frecuencia y longitud de zancada, corriendo con mayor cadencia de zancada e incrementando el ángulo de rodilla durante la fase de contacto (Chan-Roper, Hunter, J, D, & M, 2012). Sin embargo, se observó una mayor presión plantar en el pie dominante al acabar la prueba de maratón, lo que demuestra que los atletas depositan más peso en su extremidad dominante.

Otros estudios demuestran que la edad esta relacionada con la fuerza y recuperación del tendón de Aquiles, que en corredores de mayor edad se registran mayores descenso de fuerza después de una carrera de larga duración como una media maratón (Ackermans et al., 2016). A pesar de ello, la mayoría de los estudios e investigaciones en este ámbito han sido realizados bajo condiciones de laboratorio y fuera de la competición, hecho que justifica la realización de este estudio. Por otro lado, se desconoce si los cambios ocasionados por la fatiga de la maratón sobre la pisada pueden ser dependientes del tiempo en realizar la carrera.

Por tanto, el principal objetivo de este estudio fueron i) determinar los cambios en la pisada en estático de deportistas amateur tras realizar una maratón y ii) averiguar la relación entre la edad y la presión plantar tanto antes como después de realizar una maratón.

La hipótesis de partida es que la fatiga producida por la maratón afectará en la presión plantar de los maratonianos, teniendo una influencia negativa por parte de la edad.

## Metodología

### Descripción de la muestra

Se han incluido en este estudio una muestra de 15 atletas ( $44.2 \pm 6.1$  años) (Tabla 1), similar a la de otros estudios (Cavanagh & LaFortune, 1980; Clarke et al., 1985; Fourchet et al., 2012; Garcia-Perez et al., 2013; Ho et al., 2010; Lee et al., 2015; Ramanathan et al., 2010) que ha corrido la maratón de Madrid. Los atletas tenían todos más de 5 años de experiencia en atletismo, y ninguno debutaba en la prueba de maratón en esta carrera. Todos los sujetos fueron informados del objetivo del estudio y de los riesgos asociados como participantes, dando su consentimiento informado por escrito. El protocolo llevado a cabo en este estudio fue bajo los principios descritos en la Declaración de Helsinki.

Tabla 1.

Características generales de la muestra

|                                    |       |   |      |
|------------------------------------|-------|---|------|
| Edad (Años)                        | 44.2  | ± | 6.1  |
| Peso (kg)                          | 71.6  | ± | 5.7  |
| Altura (cm)                        | 174.7 | ± | 4.8  |
| Nº Pie                             | 42.7  | ± | 1.1  |
| Borg Meta                          | 8.5   | ± | 0.7  |
| Tiempo meta (min)                  | 209.7 | ± | 49.4 |
| Media ± Desviación estándar (n=15) |       |   |      |

### Diseño del estudio

Se diseñó un estudio observacional con medidas repetidas antes y después de una maratón, con el fin de evaluar los efectos de la fatiga en condiciones de competición en una prueba de maratón sobre los parámetros de la pisada de atletas entrenados de nivel no profesional.

### Criterios de Inclusión:

- Atletas que acepten participar en el estudio con la firma del correspondiente consentimiento informado.
- Atletas sanos entrenados de nivel no profesional.
- Atletas de 18 o más años de edad.
- Atletas que hayan finalizado la maratón.

### Criterios de Exclusión:

- Atletas con alguna patología no grave para la salud, pero que pudiera afectar a las mediciones.

### Protocolo de estudio

Antes de comenzar el estudio se entregó la información por escrito a los voluntarios y se recogió el consentimiento informado con la aceptación de participar en el presente estudio. Antes de realizar ninguna prueba procedimos a la recogida del historial clínico de los atletas, para descartar lesiones y enfermedades previas.

La semana antes de la prueba se citó a los atletas seleccionados para una familiarización con el instrumental de estudio, la plataforma de presiones (Medicapeurs T-Plate, Balme, Francia).

El día de la prueba, se tomó la huella y datos de la pisada precompetición, la misma mañana sin haber desayunado, totalmente descalzos y con la ropa de competición. Los voluntarios también tuvieron que cumplimentar esa misma mañana antes de la maratón la escala de auto percepción de esfuerzo de Borg de 0–10, explicada y detallada previamente (Borg, 1970; Chen, Fan, & Moe, 2002), la cual consiste en detallar visualmente en la escala de 0 a 10 el grado de esfuerzo percibido en el momento de preguntar.

Justo al acabar la prueba de maratón, los voluntarios cumplimentaron la escala de auto percepción de esfuerzo de Borg de 0–10 (Borg, 1970; Chen et al., 2002) se tomó la huella y datos de la pisada postcompetición, para lo cual se esperó a los atletas en meta, y se tomó de la misma forma que la primera medición, descalzo y con ropa de competición (Fig 1). El análisis de las presiones plantares se hizo de cada pie por separado, y a su vez se dividió en presiones anteriores y posteriores a través de cartografía por zonas con el software de Medicapeurs.

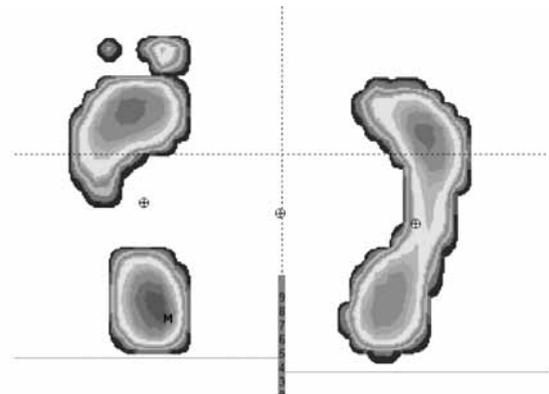


Figura 1. Ejemplo de huella tomada tras la carrera con plataforma de presiones.

### Estadística

Se determinó la distribución de las variables cuantitativas con la prueba de Shapiro-Wilk. Aquellas variables que no cumplieron con el criterio de normalidad fueron pasadas a logaritmos. Las diferencias entre antes y después de la maratón se determinaron a través de ANOVA de medidas repetidas. Para los análisis de correlación se utilizó la prueba de Pearson. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS 15.0, con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significación  $< .05$ .

## Resultados

Los resultados de la toma de datos antes de correr la maratón y justo al acabar se recogen en la tabla 2.

Tabla 2.

Datos de las presiones plantares antes y después de la maratón por cada pie por separado

|   | Datos del pie izquierdo |                | Datos del pie derecho |               |
|---|-------------------------|----------------|-----------------------|---------------|
|   | Pre-maratón             | Post-maratón   | Pre-maratón           | Post-maratón  |
| Superficie total (cm <sup>2</sup> )                           | 102.1 ± 8.2             | 95.9 ± 6.4 *   | 104.9 ± 7.7           | 96.5 ± 12.0 * |
| Presión máx. total (g/cm <sup>2</sup> )                       | 703.3 ± 110.5           | 748.7 ± 141.8  | 687.2 ± 103.5         | 679.0 ± 100.3 |
| Presión media total (g/cm <sup>2</sup> )                      | 354.6 ± 49.9            | 392.3 ± 66.3 * | 353.1 ± 40.9          | 373.4 ± 50.4  |
| Fuerza total (%)  | 49.3 ± 3.0              | 51.2 ± 5.2     | 50.7 ± 3.0            | 48.8 ± 5.2    |
| Peso total (kg)   | 35.9 ± 4.5              | 37.5 ± 5.3     | 37.0 ± 4.1            | 36.5 ± 6.2    |
| Media ± Desviación estándar (n=15). * p < .05 respecto a Pre. |                         |                |                       |               |

Justo al acabar la maratón, los atletas mostraron una reducción de la superficie total de apoyo tanto en el pie derecho como en el pie izquierdo ( $p = .02$  y  $p < .001$ ; respectivamente). La presión media total del pie izquierdo fue aumentada justo al acabar la prueba de maratón ( $p = .02$ ). La edad se asoció positivamente con el tiempo empleado para realizar la maratón ( $r = .69$ ,  $p = .002$ ).

#### **Correlaciones bivariadas de los valores de la pisada antes de correr la maratón:**

La edad se asoció negativamente con la superficie de apoyo de la parte delantera del pie izquierdo ( $r = -.55$ ,  $p = .04$ ), con el porcentaje de la fuerza en la parte delantera del pie izquierdo ( $r = -.52$ ,  $p = .05$ ), con la distribución de la parte delantera del pie derecho ( $r = -.53$ ,  $p = .05$ ). A su vez, la edad fue asociada positivamente con el porcentaje de fuerza ejercida en la parte posterior del pie derecho ( $r = .59$ ,  $p = .03$ ), con la distribución del apoyo en la parte trasera del pie derecho ( $r = .53$ ,  $p = .05$ ).

Existió una asociación negativa de la Escala de Borg con el porcentaje de fuerza y con la distribución de la parte delantera del pie izquierdo ( $r = -.49$ ,  $p = .09$  y  $r = -.60$ ,  $p = .03$  respectivamente). De acuerdo con lo anterior, la superficie de apoyo, el porcentaje de fuerza y distribución de la parte trasera del pie izquierdo fue asociado positivamente con la Escala de Borg ( $r = .53$ ,  $p = .06$ ,  $r = .63$ ,  $p = .02$  y  $r = .60$ ,  $p = .03$ , respectivamente).

#### **Correlaciones bivariadas de los valores de la pisada después de correr la maratón:**

La edad se asoció negativamente con la superficie total de apoyo del pie izquierdo ( $r = -.46$ ,  $p = .09$ ), y con el peso total aplicado en la pisada del pie izquierdo ( $r = -.49$ ,  $p = .06$ ). La edad fue asociada positivamente con el porcentaje de fuerza ejercida en la parte posterior del pie derecho después de la carrera ( $r = .46$ ,  $p = .09$ ).

#### **Discusión**

El propósito de este estudio era investigar los cambios producidos en la pisada en estático de un atleta antes y después de correr una maratón y averiguar la relación con la edad. Aunque la huella no sea el gesto específico de la carrera, las diferencias en las características de carga del pie entre las mediciones pre y post competición indican los efectos generales de la fatiga, al igual que en otros estudios (Fourchet et al., 2012; Garcia-Perez et al., 2013; Karagounis, Prionas, Armenis, Tsiganos, & Baltopoulos, 2009; Nagel et al., 2008). En este sentido, nuestro estudio demuestra una reducción de picos de presión bajo los dedos de los pies, a expensas de un aumento de los mismos bajo las cabezas de los metatarsianos. Además, en nuestro estudio la carga por debajo de la parte media del pie y el talón medial también aumentó significativamente. Nuestro estudio demuestra que los corredores de más edad tienden a ejercer más fuerza de presión con la parte posterior del pie que los jóvenes, los cuales ejercen mayor fuerza en la parte delantera.

Resultados similares se han encontrado en el estudio de Nagel et al. (2008) realizado con 200 participantes en la Muenster Marathon de 2004, en la que se midió la presión plantar antes y después de correr dicha maratón. Por el contrario, en un estudio (Martinez-Nova, Pascual Huerta, & Sanchez-Rodriguez, 2008) con 45 sujetos sanos, no se encuentran diferencias significativas en cuanto a la edad. A su vez, nuestro estudio mostró que la superficie de contacto con el suelo disminuyó tras la prueba de la maratón, hecho que explica el aumento de presión también al acabar la prueba, similar al estudio de Nagel et al. (2008). Este resultado se muestra en conflicto con el obtenido por Karagounis et al. (2009), en el que en un estudio con 46 participantes masculinos en una prueba de ultramaratón de 246 km, se demostró que hay un aumento de presión bajo los metatarsianos al acabar la prueba, similar al de nuestro estudio, y también un incremento de la superficie de contacto en la parte medial del pie.

En este estudio no se incluyó la evaluación de la relación directa

entre las lesiones y la presión plantar. Sin embargo, la interacción entre los efectos de la fatiga y los factores de riesgo relacionados con la carrera deberían de ser estudiados, ya que, un aumento de la presión en zonas específicas sugiere riesgo de desarrollar fracturas por estrés después de carreras de larga distancia, como una maratón. En un estudio de Thijs et al. (Thijs, De Clercq, Roosen, & Witvrouw, 2008) se encontró que un aumento de la fuerza máxima por debajo de los metatarsianos 2 y 3 aumenta la probabilidad de desarrollar el síndrome de dolor paletofemoral en corredores recreativos novatos. En nuestro estudio, al igual que en el estudio de Willems et al. (2012) (Willems, De Ridder, & Roosen, 2012) demostró que hay un aumento de la presión después de la finalización de una carrera de larga distancia, que puede estar debida a la fatiga, y que podría aumentar el riesgo de lesiones.

Dada la importancia de estos datos sobre la salud de los deportistas que practican carreras de larga duración, los estudios que han analizado *in vivo* las diferencias en la pisada tras una carrera son importantes para la mejora de estos parámetros. Futuras investigaciones al respecto son necesarias para entender que otros factores pueden estar influyendo en los cambios de la pisada, como es el caso del tiempo en finalizar la prueba, y por consiguiente, en la velocidad de carrera. En este sentido, nuestro estudio observa como la edad afecta a la velocidad de carrera durante la maratón, y por tanto afectar a los cambios de presiones post-ejercicio.

#### **Conclusiones**

Los resultados nos indican que correr una maratón o cualquier carrera de larga distancia produce cambios significativos en las características de la pisada, especialmente en los picos y zonas de presión de la parte delantera de los pies de los atletas. También se observa una significativa disminución de la superficie de apoyo. Esto puede explicar el riesgo de lesiones como fracturas por estrés, síndrome de dolor paletofemoral y otras lesiones, por lo que concluimos que el patrón de presión plantar alterado debido a una maratón puede contribuir al desarrollo de lesiones por correr. A su vez, la edad se relaciona con los cambios producidos en la fatiga producida tras las maratón.

#### **Referencias**

- Ackermans, T. M., Epro, G., McCrum, C., Oberlander, K. D., Suhr, F., Drost, M. R., . . . Karamanidis, K. (2016). Aging and the effects of a half marathon on Achilles tendon force-elongation relationship. *Eur J Appl Physiol*, *116*(11-12), 2281-2292. doi:10.1007/s00421-016-3482-z
- Bennell, K., Matheson, G., Meeuwisse, W., & Brukner, P. (1999). Risk factors for stress fractures. *Sports Med*, *28*(2), 91-122. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10492029>
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*, *2*(2), 92-98. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5523831>
- Buist, I., Bredeweg, S. W., Lemmink, K. A., van Mechelen, W., & Diercks, R. L. (2010). Predictors of running-related injuries in novice runners enrolled in a systematic training program: a prospective cohort study. *Am J Sports Med*, *38*(2), 273-280. doi:10.1177/0363546509347985
- Cavanagh, P. R., & LaFortune, M. A. (1980). Ground reaction forces in distance running. *J Biomech*, *13*(5), 397-406. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7400169>
- Chan-Roper, M., Hunter, I., J. W. M., D. L. E., & M, K. S. (2012). Kinematic changes during a marathon for fast and slow runners. *J Sports Sci Med*, *11*(1), 77-82. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24137065>
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci*, *20*(11), 873-899. doi:10.1080/026404102320761787
- Clarke, T. E., Cooper, L. B., Hamill, C. L., & Clark, D. E. (1985). The

- effect of varied stride rate upon shank deceleration in running. *J Sports Sci*, 3(1), 41-49. doi:10.1080/02640418508729731
- Fourchet, F., Kelly, L., Horobeanu, C., Loepelt, H., Taiar, R., & Millet, G. P. (2012). Comparison of plantar pressure distribution in adolescent runners at low vs. high running velocity. *Gait Posture*, 35(4), 685-687. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.12.004
- García-Pérez, J. A., Pérez-Soriano, P., Llana, S., Martínez-Nova, A., & Sánchez-Zuriaga, D. (2013). Effect of overground vs treadmill running on plantar pressure: influence of fatigue. *Gait Posture*, 38(4), 929-933. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.04.026
- Hauswirth, C., & Lehenaff, D. (2001). Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. *Sports Med*, 31(9), 679-689. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11508523>
- Ho, I. J., Hou, Y. Y., Yang, C. H., Wu, W. L., Chen, S. K., & Guo, L. Y. (2010). Comparison of Plantar Pressure Distribution between Different Speed and Incline During Treadmill Jogging. *J Sports Sci Med*, 9(1), 154-160. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149400>
- Hohmann, E., Reaburn, P., Tetsworth, K., & Imhoff, A. (2016). Plantar Pressures During Long Distance Running: An Investigation of 10 Marathon Runners. *J Sports Sci Med*, 15(2), 254-262. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27274662>
- Karagounis, P., Prionas, G., Armenis, E., Tsiganos, G., & Baltopoulos, P. (2009). The impact of the Spartathlon ultramarathon race on athletes' plantar pressure patterns. *Foot Ankle Spec*, 2(4), 173-178. doi:10.1177/1938640009342894
- Lara Diéguez, S., Lara Sánchez, A. J., Zagalaz Sánchez, M. L., & Martínez-López, E. J. (2011). Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación.*, 19, 49-53.
- Lee, J. S., Kim, K. B., Jeong, J. O., Kwon, N. Y., & Jeong, S. M. (2015). Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. *Ann Rehabil Med*, 39(1), 10-17. doi:10.5535/arm.2015.39.1.10
- Martínez-Nova, A., Pascual Huerta, J., & Sánchez-Rodríguez, R. (2008). Cadence, age, and weight as determinants of forefoot plantar pressures using the Biofoot in-shoe system. *J Am Podiatr Med Assoc*, 98(4), 302-310. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18685051>
- Nagel, A., Fernholz, F., Kibele, C., & Rosenbaum, D. (2008). Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait Posture*, 27(1), 152-155. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.12.012
- Ramanathan, A. K., Kiran, P., Arnold, G. P., Wang, W., & Abboud, R. J. (2010). Repeatability of the Pedar-X in-shoe pressure measuring system. *Foot Ankle Surg*, 16(2), 70-73. doi:10.1016/j.fas.2009.05.006
- Thijs, Y., De Clercq, D., Roosen, P., & Witvrouw, E. (2008). Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners. *Br J Sports Med*, 42(6), 466-471. doi:10.1136/bjism.2008.046649
- Weist, R., Eils, E., & Rosenbaum, D. (2004). 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*, 32(8), 1893-1898. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15572318>
- Willems, T. M., De Ridder, R., & Roosen, P. (2012). The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. *Gait Posture*, 35(3), 405-409. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.10.362
- Zarauz-Sancho, A., Ruiz-Juan, F., Flores-Allende, G., & García Montes, M. E. (2017). Percepción del éxito en maratonistas en función de sus hábitos de entrenamiento. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación.*, 32, 111-114.

