



Boletín Médico del Hospital Infantil de México

www.elsevier.es/bmhim



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

¿Afecta una clase de Educación Física a las dimensiones del pie de los niños?



Laura Martín-Casado* y Christian Barquín

Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

Recibido el 9 de enero de 2017; aceptado el 11 de mayo de 2017

Disponible en Internet el 2 de septiembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Calzado;
Pie;
Imagen 3D;
Escolares;
Ejercicio

Resumen

Introducción: Analizar las variaciones que se producen en las medidas morfológicas del pie de los niños escolares, tras la realización de una clase de Educación Física.

Metodología: Participaron voluntariamente 10 escolares (5 niños y 5 niñas) con una media de edad de 9.3 ± 0.5 años. Se llevó a cabo la digitalización de ambos pies de manera consecutiva, a través de un escáner en 3D modelo IFU-S-01, Japón. Se calcularon las dimensiones del pie en dos momentos diferentes, antes y después de una clase de Educación Física (pre y post ejercicio) donde se realizaron diferentes actividades que implicaban desplazamientos, saltos y amortiguaciones.

Resultados: Al comparar las medidas del pie antes y después del ejercicio se observaron diferencias significativas en la altura del arco plantar, que fue mayor tras la realización de actividad física ($p < 0.05$). El ancho del antepié presentó mayores valores tras el ejercicio sin significancia estadística ($p = 0.07$; tamaño del efecto [ES] = 0.2). Además, se observaron correlaciones positivas entre el ancho del antepié y la altura del arco ($r = 0.6$; $p < 0.05$); y negativas entre la longitud del talón a la cabeza del metatarso I y el ancho del antepié ($r = -0.7$; $p < 0.05$).

Conclusiones: El tipo de actividades realizadas durante la clase de Educación Física (desplazamientos, saltos y amortiguaciones) podría causar mayor presión en la zona del antepié, provocando mayor altura del arco plantar. Los sistemas de desarrollo del calzado deportivo infantil deberían tener en cuenta tanto las longitudes del pie, como sus anchuras y alturas, para un mejor ajuste del zapato, previniendo lesiones osteomusculares futuras.

© 2017 Publicado por Masson Doyma México S.A. en nombre de Hospital Infantil de México Federico Gómez. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: la.martin@uta.edu.ec (L. Martín-Casado).

KEYWORDS

Footwear;
Foot;
3D Imaging;
Preschool children;
Exercise

Does a Physical Education lesson affect the foot morphology in school-aged children?**Abstract**

Background: To analyze the changes in foot morphology in school-age children, after a Physical Education lesson.

Methods: A total of 10 school-age children (5 girls and 5 boys) were recruited with a mean age of 9.3 ± 0.5 years that voluntarily participated in this study. Measurements of both feet were obtained using a 3D foot digitizer model IFU-S-01 (Japan) in two different moments, before and after a physical education lesson (per-exercise and post-exercise), where different activities involving displacements, jumps and landings were performed.

Results: By comparing foot morphology before and after exercise, significant differences in the arch height were found, which increased after exercise ($p < 0.05$). The ball width shows greater changes after exercise but without significant differences ($p = 0.07$; effect size [ES] = 0.2). Furthermore, a positive correlation between the ball width and the arch height ($p < 0.05$) and negative correlation between the distance from the heel to the first metatarsal and the ball width ($r = -0.7$; $p < 0.05$), were observed.

Conclusions: The type of activities undertaken during physical education lesson (displacements, jumps and landings) increased the pressure on the forefoot, which would lead to a larger arch height. Development of children's sport footwear systems should take into account the foot lengths, widths and heights, for a better fit, preventing future musculoskeletal injuries.

© 2017 Published by Masson Doyma México S.A. on behalf of Hospital Infantil de México Federico Gómez. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El pie es una estructura biológica compleja, que desempeña un papel fundamental en la cadena de movimiento del cuerpo durante la locomoción¹. Está formado por un total de 26 huesos, 107 ligamentos, 19 músculos intrínsecos y 30 articulaciones que se encargan de la función estática y dinámica del pie¹. Su correcto desarrollo anatómico y funcional es de vital importancia, pudiendo estar influenciado por factores intrínsecos como la etnia, la edad o el índice de masa corporal²; y por factores extrínsecos como el calzado o el tipo de actividad realizada³.

Se sabe que el pie es una estructura dinámica que se adapta ante determinadas situaciones que impliquen cargas mecánicas como pueden ser la marcha, la carrera o los saltos. La mayoría de los estudios realizados relacionan la práctica de actividad física con cambios en las dimensiones del pie. López-Elvira y colaboradores⁴ analizaron el efecto que tiene la marcha atlética sobre las estructuras del pie en 17 deportistas jóvenes y observaron un aumento significativo en el ancho del antepié tras el entrenamiento. McWorther y colaboradores⁵ observaron un aumento del 2 y el 3% del volumen del pie tras realizar 10 minutos de marcha y 10 minutos de carrera, respectivamente. No obstante, hay autores que no han observado diferencias en las dimensiones del pie tras la realización de actividad física⁶.

Habitualmente, el ejercicio provoca la dilatación de la huella plantar, pero en función de la acción deportiva, de la dirección de las cargas y de la composición corporal se verán más afectadas unas zonas que otras^{7,8}. Aydog y colaboradores⁹ analizaron los cambios producidos en el pie en función de la disciplina deportiva practicada, y observaron mayores índices del arco en el

grupo de luchadores comparado con el grupo de futbolistas, jugadores de balonmano y halterófilos. Otros autores han observado un aplanamiento de la huella al realizar sesiones de entrenamiento con cargas pesadas¹⁰ y un aumento del volumen del pie tras actividades con cargas ligeras¹¹.

Durante una clase de Educación Física en la escuela o el colegio, el pie del niño se ve sometido a grandes esfuerzos mecánicos debido a los diferentes ejercicios y actividades que se realizan. El calzado que utilicen tiene un papel fundamental en el éxito o el fracaso de esta práctica, por lo que debe ajustarse perfectamente al pie del niño en términos de longitudes, anchuras, alturas y perímetros^{12,13}. Conocer los cambios que provoca el ejercicio en las dimensiones del pie durante las clases de Educación Física puede ser de gran ayuda para los profesionales de la actividad física y del deporte, así como para aquellos que estudian las interacciones entre el pie y el calzado, ya que estos cambios implican modificaciones en el ajuste del zapato que afectarán a su comodidad y funcionalidad.

La mayor parte de los trabajos encontrados analizan los cambios producidos por la actividad física en el pie de personas adultas y mediante huella plantar^{4,7,14}, por lo que podría ser una limitación a la hora de ponerlo en práctica por parte de las empresas de calzado para niños, ya que por un lado la huella plantar sólo nos permite obtener medidas del pie en 2 dimensiones (olvidando alturas y volúmenes); y por otro, el pie del niño no es la versión reducida del pie adulto. Algunos autores han utilizado el escaneado en 3D para analizar las medidas morfológicas del pie^{1,15}; sin embargo, no se han encontrado investigaciones que analicen el efecto de la actividad física en los pies de los niños con este tipo de metodologías.

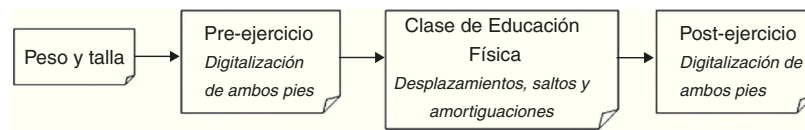


Figura 1 Diseño del estudio.

Tras la revisión bibliográfica, se ha establecido como objetivo de este trabajo analizar las variaciones que se producen en las medidas morfológicas del pie de los niños en edad escolar, tras la realización de una clase de Educación Física.

2. Metodología

10 escolares (5 niñas y 5 niños) tomaron parte voluntariamente en el estudio, con una media de edad, altura y masa corporal de 9.3 ± 0.5 años, 137.1 ± 8.0 cm y 33.3 ± 10.3 kg, respectivamente. Todos ellos son estudiantes de 5° curso de educación básica y pertenecientes a una Unidad Educativa Particular de la ciudad de Ambato, en Ecuador. Mediante anamnesis, se descartaron posibles problemas neurológicos y musculoesqueléticos conocidos, excluyendo del estudio todos aquellos sujetos que presentaron lesiones recientes de las extremidades inferiores, infecciones en la piel, alteraciones en las estructuras del pie o cualquier otra razón física o neurológica que pudiera interferir en el ejercicio.

Todos los sujetos fueron informados de los objetivos y características del estudio y entregaron al investigador una carta de consentimiento por escrito, firmada por el padre/madre/tutor legal, para participar en la investigación. Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética local, siguiendo en todo momento las normas para la protección de datos de la Declaración de Helsinki¹⁶.

Para la medición de las características descriptivas se utilizó una báscula de pie modelo 420KLWA (WelchAllyn, Estados Unidos) y un tallímetro modelo 420KLWA (WelchAllyn, Estados Unidos). Para la obtención de las dimensiones del pie se usó un digitalizador de pies en 3D modelo IFU-S-01 (INFOOT, Japón). El sistema consta de 8 cámaras y cuatro rayos de luz láser, además de un software que permite generar una base de datos de las medidas antropométricas del pie, donde se incluyen características individuales de cada sujeto.

Todos los sujetos del estudio tomaron parte activa junto con otros estudiantes en su clase habitual de Educación Física con una duración total de 45 minutos, que fue dirigida y supervisada por el docente de la Unidad Educativa. Durante esta sesión se realizaron las actividades y juegos que habitualmente se llevan a cabo en las clases; estas no incluyeron cargas adicionales al peso corporal e implicaban principalmente desplazamientos, saltos y amortiguaciones. La sesión, realizada el 10 de febrero de 2015 en el patio del colegio (superficie de asfalto) con una temperatura ambiente de máxima 20° y de mínima 11°, consistió en un trabajo de velocidad de reacción, a través de carreras de relevos en diferentes posiciones, trabajo de técnica de tiro en baloncesto y para terminar un partido de baloncesto 5x5.

El tipo de calzado utilizado por los sujetos de nuestro estudio fue el que de manera estándar se exige en Ecuador

como parte del uniforme escolar en la mayoría de las instituciones para las clases de Educación Física, zapatillas clásicas de lona con cordones, suela delgada de caucho y con un drop neutro.

Previo a la toma de datos todos los sujetos permanecieron en reposo, en decúbito supino sin calzado durante 10 minutos⁵, de manera que los registros de las medidas del pie se realizaron en condiciones basales. En la toma de datos (realizada por 3 especialistas), además de pesar y medir a todos los sujetos del estudio se llevó a cabo la digitalización de ambos pies de manera consecutiva, en dos momentos diferentes, antes y después de la clase de Educación Física (pre- y post- ejercicio) (fig. 1). Con el objetivo de reflejar la luz del escáner y de esta manera representar la estructura del pie, se colocaron sobre el pie de cada uno de los participantes 13 marcas en la piel en diferentes puntos anatómicos¹⁷, con el sujeto sentado en una silla con ambos pies descalzos, en posición neutra y apoyados en el suelo (fig. 2A). Una vez que los niños tenían colocadas correctamente las marcas en la piel, se llevó a cabo el escaneado 3D de ambos pies, con el participante de pie, en apoyo bipodal, agarrado con ambas manos a una barandilla y con la mirada fija en una diana colocada a 0.5 m del escáner (fig. 2B). La duración del test fue inferior a 10 s.

Las medidas obtenidas con el escáner en 3D se muestran en la figura 3 y se describen a continuación:

- **Longitud del pie:** distancia entre el talón y el punto más distal de las falanges del pie, que coincide con la falange distal del metatarso I o del metatarso II.
- **Longitud del talón a la cabeza del metatarso I:** distancias entre el punto más retrasado del talón y la región medial de la cabeza del metatarso I.
- **Longitud del talón a la cabeza del metatarso V:** distancias entre el punto más retrasado del talón y la región lateral de la cabeza del metatarso V.
- **Altura del arco:** altura desde el punto más prominente del escafoides al eje con el suelo.
- **Perímetro de la cabeza de los metatarsos:** máxima circunferencia que abarca la cabeza de los metatarsos I y V.
- **Ancho de los metatarsos:** distancia entre la región medial de la cabeza del metatarso I y la región lateral de la cabeza del metatarso V.

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 17.0 para Windows. Al ser un estudio con una muestra reducida, se realizaron pruebas de estadística no paramétrica.

Se realizó una prueba Wilcoxon para muestras relacionadas para determinar las diferencias en las variables del pie pre y post ejercicio. Se realizaron correlaciones de Spearman para el estudio de la relación entre las variables.



Figura 2 (A). Colocación de las 13 marcas en la piel en diferentes puntos anatómicos del pie. (B). Proceso de digitalización de ambos pies con el escáner en 3D.

Además, se calculó la potencia estadística y el tamaño del efecto (ES) de las diferencias con el índice d de Cohen, tomando los siguientes umbrales: para valor d igual a 0.2 un efecto pequeño, para un valor d igual 0.5 un efecto moderado y para un valor d igual o superior a 0.8 un efecto grande¹⁸.

Al no observar diferencias significativas entre ambos pies en la sesión pre y post-ejercicio, los análisis fueron realizados con las medias de la extremidad dominante en representación de la estructura del pie de cada niño. Se estableció el nivel mínimo de significación de $p < 0.05$. La estadística descriptiva incluyó medias y desviaciones típicas.

3. Resultados

Los valores de las medidas antropométricas del pie antes y después del ejercicio se muestran en la [tabla 1](#).

Se observó una correlación positiva entre el ancho del antepié y la altura del arco ($r = 0.6$; $p < 0.05$) en la sesión post-ejercicio; además se obtuvieron correlaciones negativas entre la longitud del talón a la cabeza del metatarso I y el ancho del antepié ($r = -0.7$; $p < 0.05$).

Al comparar las medidas del pie antes y después de la clase de Educación Física, se observaron diferencias significativas en la altura del arco plantar, que fue mayor tras la realización de actividad física (pre-ejercicio= 30.7

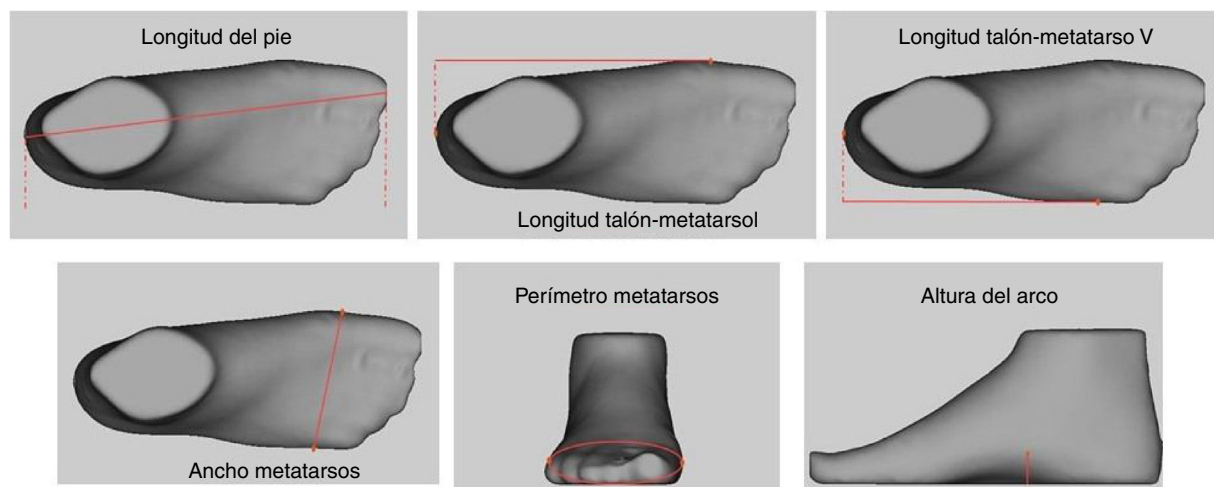


Figura 3 Dimensiones del pie obtenidas del escáner: perímetro de la cabeza de los metatarsos, la longitud del pie, el ancho de los metatarsos y la altura del arco.

Tabla 1 Medias y desviaciones típicas de las variables antropométricas del pie

Variabes	Pre-ejercicio	Post-ejercicio
Longitud del pie (mm)	210.9 ± 10.9	209.9 ± 10.6
Distancia talón-cabeza metatarso I (mm)	155.8 ± 8.3	154.5 ± 8.8
Distancia talón-cabeza metatarso V (mm)	139.1 ± 6.8	134.2 ± 6.1
Ancho de metatarsos	81.4 ± 5.4	82.4 ± 5.5
Perímetro cabeza de metatarsos (mm)	196.8 ± 13.4	198.3 ± 12.9
Altura del arco (mm)	30.7 ± 4.3	35.5 ± 5.9*

Nivel de significancia: * $p < 0.05$.

± 4.3 mm; post-ejercicio= 35.3 ± 5.9 mm; $p < 0.05$). No se observaron diferencias significativas en el resto de variables analizadas.

4. Discusión

Los resultados de nuestro estudio muestran variaciones en las medidas morfológicas del pie de los niños en edad escolar, tras la realización de una clase de Educación Física. Las mayores diferencias se observaron en la altura del arco plantar, que fue significativamente mayor después de realizar actividad física (pre-ejercicio= 30.7 ± 4.3 mm; post-ejercicio= 35.5 ± 5.9 mm; $p < 0.05$). Es decir, los sujetos de nuestro estudio mostraron pies más cavos probablemente como una adaptación al ejercicio. Estos resultados concuerdan con los Sirgo y Aguado⁸, quienes observaron mayor porcentaje de pies cavos al finalizar la temporada en un grupo de gimnastas al compararlo con un grupo de personas sedentarias. Las actividades realizadas por los sujetos de nuestro estudio durante la clase de Educación Física fueron principalmente desplazamientos, saltos y amortiguaciones, es decir, actividades con cargas ligeras (peso corporal) muy similares a las que se realizan habitualmente en gimnasia rítmica. No obstante, otros autores han observado mayor incidencia de pie plano tras una sesión de ejercicio con cargas pesadas¹⁰. El tipo de actividad deportiva y los gestos técnicos utilizados podrían determinar los cambios producidos en las dimensiones del pie.

Se ha observado una correlación positiva entre el ancho del antepié y la altura del arco ($r = 0.6$; $p < 0.05$) en la sesión post-ejercicio, tanto en los desplazamientos, como en los saltos y amortiguaciones el primer apoyo es el del antepié. Este tipo de actividades, causa mayor presión sobre las cabezas metatarsales sobrecargando el astrágalo y los huesos del tarso, lo que provocaría una mayor altura del arco interno al aumentar la rigidez de las estructuras del pie⁴.

Tanto el ancho del antepié (pre-ejercicio= 81.4 ± 5.4 mm; post-ejercicio= 82.4 ± 5.5 mm; $p = 0.13$; [ES]= 0.2) como su perímetro (pre-ejercicio = 196.8 ± 13.4 mm; post-ejercicio = 198.3 ± 12.9 mm; $p = 0.95$; [ES]=0.1) presentaron mayores valores tras la realización de actividad física, sin significancia estadística y con un tamaño del efecto pequeño para ambas variables. Estos resultados concuerdan con los de López-Elvira y colaboradores⁴, quienes observaron un aumento significativo en el ancho del antepié tras un entrenamiento de marcha atlética. Se sabe que el ejercicio provoca una dilatación de la huella en todas sus partes (antepié, mediopie y retropié), debido a un aumento del

fluido intravascular y extravascular, viéndose unas zonas más afectadas que otras en función del tipo de actividad realizada^{19,20}. En nuestro estudio las actividades que se llevaron a cabo durante la clase de Educación Física solicitaban principalmente la zona del antepié, por lo que no es de extrañar que se observe un aumento de las anchuras y perímetros en esta zona.

También se han observado menores valores en las 3 longitudes analizadas en la sesión post-ejercicio sin llegar a ser significativos (tabla 1), pero con un tamaño del efecto moderado para, por ejemplo, la longitud del talón a la cabeza del metatarso V ([ES]=0.7). Además, se obtuvieron correlaciones negativas entre la longitud del talón a la cabeza del metatarso I y el ancho del antepié ($r = -0.7$; $p < 0.05$). Estos resultados son concordantes con lo anteriormente expuesto si tenemos en cuenta que un aumento en la altura del arco longitudinal causa el acortamiento del pie y mayor presión sobre las cabezas metatarsales⁴.

La mayoría de los sistemas de desarrollo del calzado en cuanto al escalado y dimensionado de las hormas, se basa en las longitudes del pie para determinar las tallas del zapato^{13,21}. No obstante, en nuestro estudio se han observado cambios en el eje vertical, por lo que el ajuste de las alturas también debería tenerse en cuenta a la hora de diseñar hormas infantiles, ya que un calzado que comprime el pie del niño puede impedir el normal desarrollo óseo, provocando problemas y patologías en la infancia y posteriormente en la edad adulta²².

El calzado utilizado en las clases de Educación Física debe estar especialmente diseñado para la realización de ejercicios polivalentes. Debido a los cambios observados en las dimensiones del pie tras la realización de ejercicio, se sugiere prestar especial atención a la flexibilidad de los materiales utilizados en la fabricación, de manera que posibilite el movimiento de los dedos con facilidad, sin comprimir la zona metatarsal, permitiendo la percepción de estímulos internos (movimiento, equilibrio, postura) y externos (contacto de la planta del pie con el suelo)²³ durante la actividad. Además, es importante la sujeción del talón y el apoyo del arco longitudinal que proporcione una correcta distribución del peso²⁴, evitando lesiones por sobrecarga o inestabilidad del pie. Un calzado apropiado, flexible y bien ajustado a las dimensiones del pie tiene una influencia decisiva en la funcionalidad y confort de éste.

Por otro lado, es importante que los docentes de Educación Física conozcan estos aspectos a la hora de abordar la planificación de sus clases y así poder modular las solicitudes del pie en función de los ejercicios propuestos. Los ejercicios realizados durante la clase de Educación Física

solicitaban principalmente la zona del antepié; la presión repetitiva que se ejerce sobre los huesos metatarsales puede provocar fracturas por estrés. Además, el hecho de que una mayor altura del arco interno aumente la rigidez de las estructuras del pie⁴ provoca una tensión excesiva de las partes blandas y por consiguiente dolor y sobrecarga en tendones, ligamentos y músculos. Tener en cuenta estas consideraciones a la hora de pautar los ejercicios en una sesión de Educación Física puede prevenir lesiones osteomusculares futuras. En función de las características de nuestros alumnos y del tipo de calzado que utilicen, se podrán combinar ejercicios y actividades que soliciten el contacto inicial del antepié (como cambios de sentido, carreras de puntas o multisaltos) con ejercicios con cargas adicionales (balón medicinal) y ejercicios con el pie descalzo sobre diferentes superficies (parqué, hierba, arena o colchoneta), en condiciones de seguridad e higiene adecuadas que provoquen un aplanamiento del pie.

Una de las principales limitaciones de nuestro estudio fue el tamaño de la muestra. Debemos tener en cuenta que este trabajo se trata de un estudio piloto, un estudio previo a una investigación más amplia que forma parte de un proyecto que se desarrollará en los próximos años. Al realizar el cálculo de la potencia estadística con nuestro número de sujetos ($n=10$), se obtuvieron, para variables como el perímetro de la cabeza de los metatarsos, el ancho de los metatarsos o la longitud del talón al metatarso V, una potencia estadística de 0.5 y un número mínimo de sujetos de 14. Sería interesante en un futuro aumentar el tamaño de la muestra y comprobar si estas diferencias podrían llegar a ser o no significativas. Mayores anchuras y perímetros de los metatarsos, un aumento o disminución del arco longitudinal interno o cambios en la longitud del pie, son fundamentales a la hora de determinar el ajuste del pie con el calzado, especialmente en niños, ya que a esta edad el pie se encuentra en un proceso continuo de desarrollo¹. El calzado debe responder, en términos de funcionalidad y seguridad, a las variaciones en las dimensiones del pie de los niños durante la realización de actividad física, evitando posibles alteraciones óseas y ligamentosas. Un inadecuado ajuste del calzado puede provocar dolor, fatiga, caídas e incluso alteraciones en los patrones de marcha y equilibrio^{8,25}. Por otro lado, algunos autores especulan sobre la existencia de un umbral en el número de apoyos a partir del cual, al realizar actividades que impliquen un mayor número o intensidad de los apoyos, no se producen mayores cambios en las dimensiones del pie¹⁴. El hecho de no haber encontrado diferencias significativas en las longitudes o anchuras del pie, podría indicar la existencia de un umbral mínimo de apoyos a partir del cual el pie comienza a mostrar cambios en sus dimensiones. Sin embargo, en nuestro estudio no se controló la intensidad del ejercicio, por lo que sería interesante en futuras investigaciones analizar este factor.

Para concluir, podemos decir que:

1. Se han observado alturas significativamente mayores del arco plantar tras la realización de actividades físicas que incluían desplazamientos, carreras y amortiguaciones. Además, el perímetro y ancho del antepié fueron mayores en la sesión post-ejercicio sin significación estadística. El tipo de actividades realizadas durante la clase

de Educación Física podrían causar mayor contacto en la zona del antepié y mayor altura del arco.

2. Se observó una disminución de las longitudes del pie tras la realización de ejercicio, aunque sin significación estadística. Los sistemas de desarrollo del calzado deportivo infantil deberían tener en cuenta tanto las longitudes del pie, como sus anchuras y alturas, para un mejor ajuste del zapato.
3. Los docentes de Educación Física deberían conocer los cambios producidos en el pie en función de la actividad, de manera que puedan pautar los ejercicios en una clase de Educación Física modulando las solicitaciones del pie, lo que podría prevenir lesiones osteomusculares futuras.
4. Este trabajo ha sido un estudio piloto, sería interesante de cara al futuro aumentar el tamaño de la muestra y controlar el volumen y la intensidad de los apoyos realizados durante la actividad.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Fuentes de financiación

Este estudio es parte de un proyecto de investigación que ha sido cofinanciado con fondos para investigación de la Universidad Técnica de Ambato y la empresa de calzado Plasticaucho Industrial S.A.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

Se agradece a Plasticaucho Industrial S.A. y a Carlos Pico Salazar, personal técnico de dicha empresa, su participación en la toma de datos, sin su ayuda este estudio no se habría podido llevar a cabo.

Referencias

1. Mauch M, Grau S, Krauss I, Miwald C, Horstmann TA. New approach to children's footwear based on foot type classification. *Ergonomics*. 2009;52:999–1008.
2. Saldívar-Cerón H, Ramírez A, Roha M, Pérez-Rodríguez P. Obesidad infantil: factor de riesgo para desarrollar pie plano. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2015;72:55–60.
3. Murphy DF, Connolly DAJ, Beynon BD. Risk factors for the lower extremity injury: a review of the literature. *Brit J Sport Med*. 2003;37:13–29.

4. López-Elvira JL, Meana M, Vera FJ, García JA. Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. *CCD*. 2006;3: 21–6.
5. McWhorter JW, Wallmann HW, Landers MR, Altenburger B, LaPorta-Krum L, Altenburger P. The effects of walking, running and shoe size on foot volumetrics. *Phys Ther in Sport*. 2003;4:87–92.
6. Chalk PJ, McPoil T, Cornwall MW. Variations in foot volume before and after exercises. *JAPMA*. 1995;85:470–2.
7. Berdejo-del-Fresno D, Lara AJ, Martínez-López EJ, Cachón J, Lara S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Rev Int Med Cienc Act Fis Dep*. 2013;13:19–39.
8. Sirgo G, Aguado X. 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*. 1992;9:31–4.
9. Aydog ST, Tetik O, Demirel HA, Doral MN. Differences in sole arch indices in various sports. *BJSM*. 2005;39:e5.
10. Jiménez-Ormeño E, Aguado X, Delgado-Abellán L, Mecerreyes L, Alegre LM. Changes in footprint with resistance exercise. *Int J Sports Med*. 2011;32:623–8.
11. McWhorter JW, Landers M, Wallmann H, Alenburger P, Berry K, Tompkins D, et al. The effects of loaded, unloaded, dynamic and static activities on foot volumetrics. *Phys Ther in Sport*. 2006;7:81–6.
12. Hawes MR, Sovak D, Miyashita M, Kang SJ, Yoshihuku Y, Tanaka S. Ethnic differences in forefoot shape and the determination of shoe comfort. *Ergonomics*. 1994;37:187–96.
13. Witana CP, Feng J, Goonetilleke RS. Foot measurements from three-dimensional scans: a comparison and evaluation of different methods. *Int J Ind Ergonom*. 2006;36:189–807.
14. Delgado-Abellán L, Aguado X, Jiménez-Ormeño E, Mecerreyes L, Alegre LM. Efectos del ejercicio continuo e intermitente sobre la huella plantar. *AMD*. 2012;29:601–8.
15. Chang JH, Wang SH, Kuo CL, Shen HC, Hong YW, Lin LC. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr*. 2010;169:447–52.
16. World Medical Association International. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JIMA*. 2013;107:403–5.
17. INFOOT, compact. Manual 2004. I-Ware Laboratory Co. Ltd.
18. Cohen J. A power primer. *Psychol Bull*. 1992;112:155–9.
19. Mayrovitz HN. Posturally induced leg vasoconstrictive responses: relationship to standing duration, impedance and volume changes. *Clin Physio*. 1998;18:311.
20. Stick C, Stofen P, Witzleb E. On physiological edema in man's lower extremity. *Eur J Appl Physiol O*. 1985;54:442–9.
21. Cheng JC, Leung SS, Leung AK, Guo X, Sher A, Mak AF. Change of foot size with weightbearing. A study of 2829 children 3 to 18 years of age. *Clin Orthop Relat R*. 1997:123–31.
22. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthoped*. 2003;12:141–6.
23. Velasco-Climent P. Zapatos infantiles: ¿Qué calzado debemos elegir para nuestros hijos? *Revista de Enfermería de la Universidad de Castilla La Mancha*. 1997:7.
24. Lampe R, Mitternacht J, Gerdesmeyer L, Gradinger R. Plantar pressure measurement in children and youths during sports activities. *Klinische Padiatrie*. 2005;217:70–5.
25. Xiong S, Goonetilleke RS, Witana CP, Lee Au EY. Modelling foot height and foot shape-related dimensions. *Ergonomics*. 2008;51:1272–89.