

Efectos en las respuestas de la huella plantar en el patinaje de carreras recreativo

Effects on the plantar footprint responses in recreational racing skating

Brian Johan Bustos-Viviescas^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4720-9018>

Luis Alfredo Duran Luna² <https://orcid.org/0000-0001-7749-1678>

Rafael Enrique Lozano-Zapata² <https://orcid.org/0000-0002-6239-5883>

Andrés Alonso Acevedo-Mindiola² <https://orcid.org/0000-0003-0125-7265>

Carlos Enrique García Yerena³ <https://orcid.org/0000-0002-9973-552X>

¹Centro de Comercio y Servicios, Servicio Nacional de Aprendizaje. Pereira, Colombia.

²Universidad de Pamplona. Cúcuta, Colombia.

³Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia.

RESUMEN

Introducción: La huella plantar se ha investigado poco en el área pediátrica y deportiva.

Objetivo: Determinar las respuestas en la huella plantar de patinadoras recreativas del club Norte Patín en Línea de la ciudad de Cúcuta, Colombia.

Métodos: Se realizó un estudio exploratorio con un enfoque cuantitativo. Participaron voluntariamente diez mujeres (edad $9,56 \pm 2,30$ años, peso $38,71 \pm 10,24$ kg, talla $1,50 \pm 0,45$ m, frecuencia de entrenamiento $2,56 \pm 0,53$ sesiones semanales, duración de la sesión $2 \pm 0,00$ h, experiencia previa de entrenamiento del patinaje de carreras $1,46 \pm 1,08$ años). Para obtener los valores de ante pie (X), medio pie (Y) e índice de huella (% X) se aplicó el

método Herzco; se tomó la huella plantar en estado de reposo y posesfuerzo en las pruebas de 100 m, 200 m y *Critérium* (400 m). Para la tabulación y análisis de los datos se empleó el paquete estadístico IBM SPSS V.22 (Demo) con un nivel de confianza del 95 % y un *p*-valor de 0,05. En este *software* se utilizó estadística no paramétrica y la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Resultados: Se evidenció que las pruebas de 100 m, 200 m y *Critérium* (400 m) no provocaron cambios significativos en los valores X, Y e % X en patinadoras recreativas ($p > 0,05$).

Conclusiones: Las pruebas de 100 m, 200 m y *Critérium* (400 m) no afectan la huella plantar en patinadoras recreativas.

Palabras clave: pie; deporte; lesiones.

ABSTRACT

Introduction: The plantar footprint has been little investigated in the pediatric and sports area.

Objective: To determine the plantar footprint responses of recreational skaters from the Norte Patín en Línea club in the city of Cúcuta, Colombia.

Methods: An exploratory study with a quantitative approach was conducted. Ten women participated voluntarily (age 9.56 ± 2.30 years, weight 38.71 ± 10.24 kg, height 1.50 ± 0.45 m, training frequency 2.56 ± 0.53 weekly sessions, session duration 2 ± 0.00 h, previous racing skating training experience 1.46 ± 1.08 years). To obtain the values of forefoot (X), midfoot (Y) and footprint index (% X) the Herzco method was applied. The plantar footprint was taken at rest and after the effort in the 100 m, 200 m and *Criterium* (400 m) tests. For the tabulation and analysis of the data, the statistical package IBM SPSS V.22 (Demo) was used with confidence level of 95 % and *p*-value of 0.05. In this software, nonparametric statistics and the Wilcoxon test for related samples were used.

Results: It was shown that the 100 m, 200 m and *Criterium* (400 m) tests do not cause significant changes in the X, Y and % X values in recreational skaters ($p > 0.05$).

Conclusions: The 100 m, 200 m and Criterium (400 m) tests do not affect the plantar footprint in recreational skaters.

Keywords: foot; sport; injuries.

Recibido: 06/03/2023

Aceptado: 08/07/2023

Introducción

El pie se considera un mecanismo que mejora la eficiencia del movimiento⁽¹⁾ a través de la acumulación y liberación de energía elástica durante la marcha;⁽²⁾ por tanto, los humanos para moverse deben aplicar una dinámica similar a la de un actor para reemplazar la energía disipada por el contacto con las superficies que absorben los impulsos.⁽³⁾

El ejercicio físico representa un estrés mecánico, y el pie responderá sobre él según los parámetros intrínsecos de su contexto: modalidad deportiva, simetría del gesto técnico, composición corporal del sujeto, entre otros.⁽⁴⁾ Asimismo, el método de abordaje de los problemas biomecánicos en los niños resulta un tema controvertido en el campo de la rehabilitación física;⁽⁵⁾ aunque, a pesar de su importancia para el profesional del deporte y la salud, resultan escasos los estudios sobre la huella plantar en condiciones deportivas.

Según la circunstancia y la asimetría del gesto técnico, la huella plantar varía tanto en su longitud como en su ensanchamiento al finalizar el ejercicio.⁽⁴⁾ Un pie que no se adapta a las cargas asociadas con los deportes de alta intensidad puede cambiar el momento y la fuerza aplicada a la articulación, y provocar ciertas lesiones.⁽⁶⁾

Una evaluación diagnóstica de ambos pies por medio de la ecografía indicó que los patinadores durante los entrenamientos aplican grandes fuerzas sobre la musculatura de los compartimentos laterales de las piernas para mantener la eversión del pie durante la carrera y la inversión de este en la ejecución de la técnica de empuje.⁽⁷⁾ Otro estudio afirma que las presiones sobre los pies no

soporta la práctica del patinaje con los patines ni desarrolla una adecuada técnica deportiva;⁽⁸⁾ por otro lado, las tensiones plantares se reparten de forma distinta en los pies cavos (mayor en la parte externa del retropié) y los pies planos (mayor en la parte interna del medio pie).⁽⁴⁾

Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación fue determinar las respuestas en la huella plantar de patinadoras recreativas del club Norte Patín en Línea de la ciudad de Cúcuta, Colombia.

Métodos

Se realizó un estudio de tipo exploratorio con enfoque cuantitativo porque se efectuó sobre un tema poco estudiado y se analizaron valores numéricos.⁽⁹⁾ Participaron 10 niñas (edad $9,56 \pm 2,30$ años; peso $38,71 \pm 10,24$ kg; talla $1,50 \pm 0,45$ m; frecuencia de entrenamiento $2,56 \pm 0,53$ sesiones semanales; duración de la sesión $2 \pm 0,00$ h; experiencia de entrenamiento $1,46 \pm 1,08$ años) que fueron informadas, junto con sus padres o tutores legales, de los procedimientos y objetivos de la investigación. Todas firmaron el consentimiento informado y cedieron los datos con fines científicos, siempre que se respetara la confidencialidad.

La huella plantar se clasificó con el método Herzco (HC) de Hernández Corvo,⁽¹⁰⁾ que se considera muy preciso. Este consiste en tipificar el pie según las medidas de la impresión plantar (fig.). Para aplicarlo se humedeció la planta del pie con alcohol; posteriormente, se apoyaron ambos pies sobre una superficie plana de madera con papel térmico, se retiraron y se obtuvo la impresión plantar para calcular los valores de medio pie, ante pie e índice de huella.

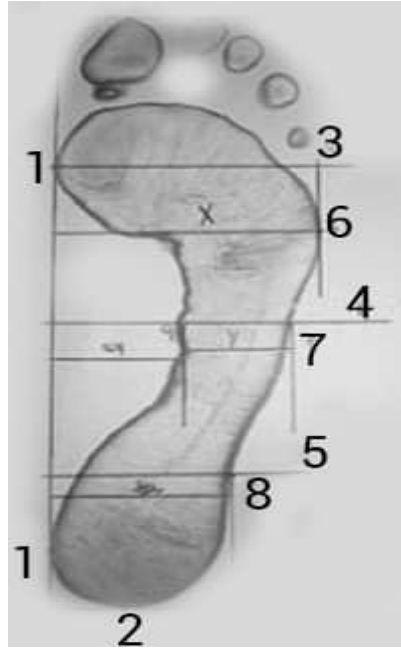


Fig. - Evaluación de la huella plantar según el método de *Hernández Corvo*.

La ecuación para obtener el índice de huella es la siguiente:

$$\% X = \left(X - \frac{Y}{X}\right)100$$

Donde X = anchura metatarso-falángica o ante pie, Y = anchura de bóveda plantar o medio pie, % X= índice de huella plantar. La tabla 1 muestra la clasificación propuesta por *Hernández* en 1989.⁽¹¹⁾

Tabla 1 - Clasificación del pie

% X	Clasificación
0-34	Pie plano
35-39	Pie plano normal
40-54	Pie normal
55-59	Pie normal cavo
60-74	Pie cavo
75-84	Pie cavo fuerte
85-100	Pie cavo extremo

Se tomó la huella plantar en estado de reposo y posesfuerzo en 100 m, 200 m y *Critérium* (400 m) para comparar si existían alteraciones significativas en los pies. Estas pruebas se hicieron en tres días con una diferencia de 48 horas. El peso corporal y la talla se determinaron, respectivamente, con Báscula TANITA BC-730, precisión de 100 g, y tallímetro de pared Seca 206, precisión 1 mm. Para conseguir la huella plantar se utilizaron papel térmico (30 m x 216 mm), una superficie de madera para colocar el papel fax (40 cm x 40 cm, 3 cm de grosor), alcohol y un recipiente.

Los datos se tabularon mediante el paquete estadístico IBM V.22 (Demo) con un nivel de confianza del 95 % y un *p*-valor de 0,05. Se utilizó estadística no paramétrica, teniendo en cuenta el bajo número de participantes, y la prueba de Wilcoxon para contrastar las respuestas en la huella plantar del pie dominante y el no dominante de acuerdo con la práctica del patinaje de carreras.

Este estudio cumplió con lo establecido por la Asociación Médica Mundial en la Declaración de Helsinki para las investigaciones en seres humanos.⁽¹²⁾ Se clasificó en una categoría de riesgo mínimo, según el artículo 11 numeral b de la Resolución N° 008430 (normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud) de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia.⁽¹³⁾ Además, se tuvieron en cuenta los principios éticos para los estudios en ciencias del deporte y el ejercicio.⁽¹⁴⁾

Resultados

La tabla 2 presenta los valores de media y desviación estándar del ante pie, medio pie y el índice de la huella en estado de reposo. El pie dominante y el no dominante se clasificaron en categoría normal (40-59 %).

Tabla 2 - Valores del ante pie (X), medio pie (Y) e índice de huella (% X) en estado de reposo

Mujeres (n = 10)	Pie dominante			Pie no dominante		
	X (cm)	Y (cm)	% X	X (cm)	Y (cm)	% X
Media	7,74	3,51	54,21	7,77	3,70	52,05
Desviación estándar	0,85	0,91	12,09	0,70	1,10	13,95

No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna variable entre el estado de reposo y después de efectuar las pruebas de 100 m, 200 m y *Critérium* ($p > 0,05$) (tabla 3).

Tabla 3 - Prueba de Wilcoxon para ambos pies

Prueba Wilcoxon Mujeres						
Pie dominante	Reposo-100 m		Reposo-200 m		Reposo-Critérium	
	Z	Sig. Asin. (p)	Z	Sig. Asin. (p)	Z	Sig. Asin. (p)
X	-1,34	0,18	-0,56	0,58	-1,09	0,28
Y	-1,60	0,11	-1,89	0,06	-0,53	0,59
% X	-1,60	0,11	-1,83	0,07	-0,53	0,59
Pie no dominante	Reposo-100 m		Reposo-200 m		Reposo-Critérium	
	Z	Sig. Asin. (p)	Z	Sig. Asin. (p)	Z	Sig. Asin. (p)
X	-1,34	0,18	-0,58	0,56	-0,98	0,31
Y	-1,07	0,28	-1,63	0,10	-0,85	0,36
% X	-0,53	0,59	-1,83	0,07	-0,71	0,41

Nota: Diferencia significativa ($p < 0,05$).

Discusión

La estadística aplicada evidenció que no existen alteraciones significativas en el medio pie, ante pie y huella plantar al comparar los valores en reposo y posesfuerzo en las pruebas de 100 m, 200 m y *Critérium* ($p > 0,05$); aunque con mayores distancias las modificaciones podrían incrementarse en los valores de medio pie, ante pie e índice de huella en patinadoras de carreras recreativas.

El estudio de las características morfológicas del cuerpo humano y su relación con la práctica deportiva constituye una parte importante de las ciencias aplicadas a la actividad física y el deporte; por ende, resultan fundamentales las investigaciones de la huella plantar en el patinaje de carreras. Además, la medición de la morfología del pie se relaciona con su fuerza muscular y permite la elección del deportista.⁽¹⁵⁾

Los resultados en estado de reposo coinciden con los obtenidos por *Lozano y Barajas*,⁽⁸⁾ quienes clasificaron el tipo de pie en estado de reposo como normal en patinadoras de carreras entre 6 y 15 años. Sin embargo, no se puede generalizar que la tendencia hacia el pie normal se deba a la práctica del patinaje de carreras, pues otras publicaciones refieren valores para el pie dominante entre 57,1 % (normal cavo) y 67,5 % (cavo), y para el pie no dominante entre 57,5 % (normal cavo) y 68,4 % (cavo). Esto indica que algunas participantes presentaron un aumento de la bóveda plantar o arco longitudinal, quizás asociado con una desviación en varo del calcáneo y la retracción de los dedos (dedos en garra).⁽¹⁶⁾

Los estudios sobre la huella plantar en el patinaje de carreras resultan escasos, lo cual limita el rendimiento deportivo. Los equipos conformados por diferentes profesionales del deporte y la salud trabajan continuamente en el tratamiento y la prevención de estas deformaciones con el propósito de optimizar los logros en las competencias.

Se ha demostrado que el somatotipo no se asocia con la huella plantar;⁽¹⁷⁾ sin embargo, una revisión sistemática determinó, en niños con sobrepeso y obesidad, un área de contacto más alta en la presión plantar, un aumento de la fuerza máxima debajo del ante pie lateral y medial, y el incremento de la presión-tiempo integral en las regiones medio pie y la segunda y la quinta metatarsianas.⁽¹⁸⁾ Asimismo, se había encontrado que el índice de masa corporal afectaba la huella plantar;⁽¹⁹⁾ por tanto, el control y la evaluación del estado nutricional debe tenerse en cuenta para futuras investigaciones al evaluar parámetros relacionados con la huella y la presión plantar.

De igual forma, un estudio adelantado con patinadores élite identificó que una carga correcta del área plantar y una estrategia de empuje pueden mejorar el desempeño del patinaje. La duración de la fase de aceleración lineal se asoció significativamente con la fuerza máxima en el talón medial, el ante pie medial y el ante pie mediano, y la integral fuerza-tiempo en el talón medial y el ante pie medial en una prueba de 300 m;⁽²⁰⁾ por tanto, en categorías élites de patinaje los entrenadores deben prestar vital atención a mejorar la técnica de patinaje cruzado y la fuerza de las piernas.⁽²¹⁾

Por otra parte, en una prueba de 1500 m se encontraron diferencias entre sexos para los ángulos de empuje. Se evidenció un deterioro de la técnica independiente del nivel de rendimiento del patinador con diferentes comportamientos de ritmo,⁽²²⁾ y las mujeres mostraron una predisposición

hacia la aplicación de fuerzas laterales normalizadas de mayor peso corporal con respecto a los hombres.⁽²³⁾ La tendencia a modificar las fuerzas aplicadas durante la ejecución técnica también afectaría la presión plantar en el patinador.

Los niños con pies en pronación presentan más dolor durante y después del ejercicio aeróbico;⁽²⁴⁾ por ello, en el caso del pie plano, los ejercicios de pie corto durante seis semanas podían reducir la caída navicular, la pronación del pie, el dolor y la discapacidad, así como un aumento en la fuerza plantar del medio pie medial.⁽²⁵⁾ Se recomienda el uso de este método para tratar patologías cuya causa incluya la pronación excesiva del pie.⁽²⁶⁾

Entrenar descalzo también favorece una mayor duración de la fase de contacto total del pie y la del pie plano, lo cual atenúa los impactos de las fuerzas de reacción del terreno.⁽²⁷⁾ De igual modo, correr con calzado antipronación genera momentos pico más bajos, potencia las articulaciones de las extremidades inferiores y garantiza un mejor control en la eversión del pie trasero.⁽²⁸⁾ Estas estrategias resultan útiles para la atención del personal de pediatría y ortopedia a los patinadores recreativos con pie plano o pronador.

La investigación desde las ciencias de la salud y el deporte en las diferentes modalidades del patinaje se han convertido en un tema de interés creciente. Varios autores, desde el área de la biomecánica, han analizado los componentes cinemáticos y cinéticos de modalidades del patinaje: características y detección de eventos del movimiento,^(29,30) calambre del patinador, distonía específica de la tarea⁽³¹⁾ y diseño de un sistema portátil para observar saltos.⁽³²⁾

Dada la poca existencia de documentación científica referente a esta temática, se requieren estudios con muestras más numerosas; por ende, se sugiere evaluar la huella plantar en diferentes períodos de la planificación para verificar las alteraciones a largo plazo por la práctica del patinaje de carreras, y distribuir los participantes en grupos de pies planos y pies cavos para determinar si sus respuestas al esfuerzo difieren por los diámetros de las ruedas y las características del patín.

Los hallazgos de esta investigación indican que las pruebas de 100 m, 200 m y *Critérium* (400 m) no modifican significativamente el ante pie, el medio pie y el índice de huella plantar en patinadoras recreativas.

Referencias bibliográficas

1. Riddick R, Farris DJ, Kelly LA. The foot is more than a spring: human foot muscles perform work to adapt to the energetic requirements of locomotion. *J R Soc Interface.* 2019;16(150):20180680. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0680>
2. Smith RE, Lichtwark GA, Kelly LA. The energetic function of the human foot and its muscles during accelerations and decelerations. *J Exp Biol.* 2021;224(13):jeb242263. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.242263>
3. Birch JV, Farris DJ, Riddick R, Cresswell AG, Dixon SJ, Kelly LA. Neuromechanical adaptations of foot function when hopping on a damped surface. *J Appl Physiol.* 2022;133(6):1302-8. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00012.2022>
4. Aguilera J, Heredia J, Peña G. Huella plantar, biomecánica del pie y del tobillo: propuesta de valoración. 2015 [acceso 20/02/2023]. Disponible en: <https://g-se.com/es/huella-plantar-biomecanica-del-pie-y-del-tobillo-propuesta-de-valoracion>
5. Motoche VM, Nuñez BL, Guaña LV, Yartu R, Oleas AE. Alteraciones de la huella plantar en preescolares del Centro Infantil del Buen Vivir “Francisco Chiriboga”. *Rev Eugenio Espejo.* 2019;13(1):45-52. DOI: <https://doi.org/10.37135/ee.004.06.05>
6. Van der Merwe C, Shultz SP, Colborne GR, Fink PW. Foot muscle strengthening and lower limb injury prevention. *Res Q Exerc Sport.* 2021;92(3):380-7. DOI: <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1739605>
7. Hernández Y, Villanueva E, Anillo R, Roché HE, León D. Exploración ecográfica al pie de patinadores. *Rev Cub Ortop Traumatol.* 2011 [acceso 20/02/2023];5(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2011000100002
8. Lozano RE, Barajas Y. Tipología de la región plantar, influyente en la actividad física, de los deportistas en formación del club norte patín en línea de la ciudad de Cúcuta. *Rev Activ Fís Des Hum.* 2012 [acceso

- 20/02/2023];4(1). Disponible en:
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/afdh/article/view/1720/1830>
9. Arias FG. Metodología de la investigación en las ciencias aplicadas al deporte: un enfoque cuantitativo. Rev Dig EFDep. 2011 [acceso 20/02/2023];16(157). Disponible en:
<https://www.efdeportes.com/efd157/investigacion-en-deporte-enfoque-cuantitativo.htm>
10. Lara S, Lara AJ, Zagalaz ML, Martínez EJ. Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. Retos Tend Edu Fís Dep Rec. 2011;19:49-53. DOI: <https://doi.org/10.47197/retos.v0i19.34637>
11. Hernández R. Morfología funcional deportiva: sistema locomotor. Barcelona: PAIDOTRIBO, S.A; 1989.
12. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Washington, EE.UU; 2002 [acceso 09/01/2019]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
13. Ministerio de Salud. Resolución 8430 sobre Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en Salud. 1993 [acceso 05/11/2018]. Disponible en:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/R/ESOLUCION-8430-DE-1993.pdf>
14. Harriss DJ, Macsween A, Atkinson G. Standards for ethics in sport and exercise science research: 2018 Update. Int J Sports Med. 2017;38(14):1126-31. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0043-124001>
15. Xiao S, Zhang X, Deng L, Zhang S, Cui K, Fu W. Relationships between foot morphology and foot muscle strength in healthy adults. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(4):1274. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17041274>
16. Hernán S. Malformaciones congénitas del pie y pie plano. Rev Chil Pediat. 2000;7(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062000000300011>
17. Díaz AC, Ruiz HD, Monroy AJ, Domínguez GA, Hidalgo RJ. Relación del somatotipo y las alteraciones posturales podológicas del arco plantar. Rev Cub Invest Bioméd. 2017 [acceso 20/02/2023];36(2). Disponible en:
<http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/23>

18. Catan L, Amaricai E, Onofrei RR, Popoiu CM, Iacob ER, Stanciulescu CM, *et al.* The impact of overweight and obesity on plantar pressure in children and adolescents: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(18):6600. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17186600>
19. Bustos-Viviescas BJ, Delgado M, Acevedo-Mindiola AA, Rodríguez-Acuña LE, Lozano RE. Influencia del IMC en la huella plantar de árbitros masculinos de fútbol. *Rev Cub Ortop Traumatol.* 2020 [acceso 20/02/2023];34(1) Disponible en: <https://revortopedia.sld.cu/index.php/revortopedia/article/view/221>
20. Wu WL, Hsu HT, Chu IH, Tsai FH, Liang JM. Selected plantar pressure characteristics associated with the skating performance of national in-line speed skaters. *Sports Biomech.* 2017;16(2):210-9. DOI: <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1222628>
21. Invernizzi PL, Scurati R, Crotti M, Bosio A, Longo S, Esposito F. Physiological and technical commitment during a 300-m in-line skating trial in athletes of different age categories. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59(1):25-34. DOI: <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.18.07942-2>
22. Stoter IK, Hettinga FJ, Otten E, Visscher C, Elferink-Gemser MT. Changes in technique throughout a 1500-m speed skating time-trial in junior elite athletes: Differences between sexes, performance levels and competitive seasons. *PLoS One.* 2020;15(8):e0237331. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237331>
23. van der Kruk E, Reijne MM, de Laat B, Veeger DHEJ. Push-off forces in elite short-track speed skating. *Sports Biomech.* 2019;18(5):527-38. DOI: <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1441898>
24. Gómez-Benítez MA, Gómez-Benítez A, Ramos-Ortega J, Castillo-López JM, Bellido-Fernandez L, Munuera-Martínez PV. Fatigue in children with pronated feet after aerobic exercises. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2021;111(2). DOI: <https://doi.org/10.7547/19-058>
25. Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. *J Sport Rehabil.* 2019;29(4):436-40. DOI: <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0363>
26. Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized clinical trial: the effect of

exercise of the intrinsic muscle on foot pronation. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(13):4882. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17134882>

27. Sánchez-Ramírez C, Alegre LM. Plantar support adaptations in healthy subjects after eight weeks of barefoot running training. PeerJ. 2020;8:e8862. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.8862>

28. Jafarnezhadgero A, Alavi-Mehr SM, Granacher U. Effects of anti-pronation shoes on lower limb kinematics and kinetics in female runners with pronated feet: the role of physical fatigue. PLoS One. 2019;14(5):e0216818. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216818>

29. Chen J, Xu K, Ma H, Ding XL. Motion characteristics of human roller skating. Biol Open. 2019;8(4):bio037713. DOI: <https://doi.org/10.1242/bio.037713>

30. Tomita Y, Iizuka T, Irisawa K, Imura S. Detection of movement events of long-track speed skating using wearable inertial sensors. Sensors (Basel). 2021;21(11):3649. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21113649>

31. Nijenhuis B, Schalkwijk AHP, Hendriks S, Zutt R, Otten E, Tijssen MAJ. Skater's cramp: a possible task-specific dystonia in dutch ice skaters. Mov Disord Clin Pract. 2019;6(7):559-66. DOI: <https://doi.org/10.1002/mdc3.12799>

32. Panfili A, Spanò A, Cortesi A. A wearable system for jump detection in inline figure skating. Sensors (Basel). 2022;22(4):1650. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22041650>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Brian Johan Bustos-Viviescas y Luis Alfredo Duran Luna.

Análisis formal de los datos: Brian Johan Bustos-Viviescas, Luis Alfredo Duran Luna, Rafael Enrique Lozano-Zapata, Andrés Alonso Acevedo-Mindiola y Carlos Enrique García Yerena.

Adquisición de fondos: Brian Johan Bustos-Viviescas y Luis Alfredo Duran Luna.

Supervisión: Brian Johan Bustos-Viviescas y Luis Alfredo Duran Luna.

Redacción borrador-original: Brian Johan Bustos-Viviescas, Luis Alfredo Duran Luna, Rafael Enrique Lozano-Zapata, Andrés Alonso Acevedo-Mindiola y Carlos Enrique García Yerena.