



ARTÍCULO ORIGINAL

Cambios en la postura del pie tras la actividad deportiva en ciclistas de montaña masculinos: estudio piloto[☆]



Ana Peláez Menacho^{*}, Lucía Parra Cortés y Pedro V. Munuera Martínez

Departamento de Podología, Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad de Sevilla, Sevilla, España

Recibido el 28 de abril de 2016; aceptado el 12 de mayo de 2016

Disponible en Internet el 6 de junio de 2016

PALABRAS CLAVE

Postura del pie;
Ciclismo;
Índice del arco;
Índice de postura del pie;
Prueba de descenso del escafoides;
Índice de la función del pie

Resumen

Introducción: El objetivo de este estudio es determinar si existen o no cambios en la postura del pie medida con *Arch Index*, *Foot Posture Index*, *Navicular Drop Test* y *Foot Function Index* tras una sesión de 3 h de ciclismo de montaña en hombres.

Pacientes y métodos: La muestra estuvo constituida por 19 ciclistas de sexo masculino, y la edad media de los participantes fue de $42,47 \pm 7,75$ años. El índice de masa corporal fue de $25,84 \pm 2,17$. Los sujetos realizaron el *Foot Function Index*, y posteriormente se les midió el *Foot Posture Index* y el *Navicular Drop Test*, y se tomaron pedigráficas para determinar el *Arch Index* con AutoCAD[®]. Después fueron sometidos a 3 h de actividad deportiva en una ruta de ciclismo de montaña. Al finalizar la actividad, se les volvió a medir todas las variables.

Resultados: Todos los valores fueron mayores en la medida postactividad, siendo todos —menos el *Navicular Drop Test*— mayores en el pie derecho. Sin embargo, solo el *Foot Posture Index* presentaba diferencias estadísticamente significativas entre las medidas pre y post ($p < 0,05$). También fue significativo el *Arch Index* pre y post del pie derecho. No se procedió a analizar los datos del *Foot Function Index*, dado que en la mayoría de los sujetos fue de 0.

Discusión: A partir de los datos obtenidos, se puede afirmar que la postura del pie de la muestra de ciclistas estudiada ha sido neutra con tendencia a la pronación después de la actividad física, ya que los miembros en pronación tienen más capacidad de adaptación en el deporte.

© 2016 Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos de España. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

[☆] Este estudio ha sido previamente presentado como trabajo de fin de máster en el Máster Nuevas Tendencias Asistenciales en Ciencias de la Salud, en la Universidad de Sevilla, en noviembre de 2015.

^{*} Autor para correspondencia.

Correo electrónico: anapm1991@hotmail.com (A. Peláez Menacho).

KEYWORDS

Foot posture;
Cycling;
Arch index;
Foot posture index;
Navicular drop test;
Foot function index

Changes in foot posture after sport in male mountain bikers: Pilot study**Abstract**

Purpose: The aim of this study is to determine whether there are changes in foot posture measured with Arch Index, Foot Posture Index, Navicular Drop Test and Foot Function Index after a session of 3 h of mountain biking in men.

Methods: The sample consisted of 19 male cyclists, and the average age of participants was 42.47 ± 7.75 years. The Body Mass Index was 25.84 ± 2.17 . Subjects completed the Foot Function Index, and then they were measured the Foot Posture Index and Navicular Drop Test, and ink footprints were taken to determine the Arch Index with AutoCAD®. Then they practiced 3 h of activity on a mountain biking route. After cycling, they were remeasured the Foot Posture Index, Navicular Drop Test and ink footprints were taken for the AI.

Results: All values were higher in the post-activity, as being all of them but the Navicular Drop Test, greater on the right foot. However, only the Foot Posture Index variable presented statistically significant differences between pre- and post measures ($P < .05$). Also significant was the variable Arch Index pre and post only in right foot. We did not proceed to analyze data Foot Function Index, because most subjects obtained a score of 0.

Discussion: Based on the data obtained, it can be affirmed that the position of the foot sample of cyclists studied was neutral with a tendency to pronation after physical activity, as pronated legs are more capable to adapt at the sports.

© 2016 Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos de España. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En los últimos años, ha habido un aumento notable de la utilización de la bicicleta, tanto por ocio, favorecido en parte por la construcción en las principales ciudades españolas del carril bici para fomentar el transporte ecológico y la reducción de gases nocivos¹, como a nivel deportivo, siendo cada vez mayor el número de personas que practican este deporte, ya sea de forma *amateur* o profesional.

Según el Instituto Nacional de Estadística, en los últimos 8 años ha incrementado un 67,48% el número de sociedades y clubes federados en España, así como un 16,05% los ciclistas federados. Con este auge del ciclismo, cabe pensar que haya habido un aumento en la incidencia de lesiones en el miembro inferior de estos deportistas²⁻⁴.

Debido a que la tasa de lesiones en ciclismo es baja en comparación con otras actividades con más participación como el fútbol, estas no han sido estudiadas en profundidad, siendo pasadas por alto. Numerosos estudios y publicaciones se centran en cómo potenciar la velocidad del ciclista u optimizar su rendimiento⁵⁻⁸, pero no existen tantos que se dirijan al estudio y tratamiento de las patologías y de la prevención de lesiones del pie en este deporte⁹.

Las lesiones en el ciclista pueden estar provocadas por mal ajuste de la bicicleta respecto al ciclista, así como por desequilibrios intrínsecos estructurales o funcionales del sistema musculoesquelético¹⁰.

Es importante, desde el ámbito de la podología, conocer si existen cambios en la postura y funcionalidad del pie durante la actividad deportiva que puedan inducir a lesiones del miembro inferior.

Los objetivos que nos marcamos con el desarrollo de este estudio piloto son: determinar si existen cambios en

la postura del pie tras la actividad deportiva en ciclistas de montaña, evaluar su índice de función del pie, y comprobar si el arco plantar se modifica con la actividad deportiva.

Pacientes y métodos

La población de estudio estuvo constituida por ciclistas de montaña masculinos de la provincia de Sevilla. La muestra la compusieron ciclistas de los clubes deportivos BTT Los Alcores y Club Deportivo Hispabikers.

Los criterios de inclusión de la muestra fueron:

- Ciclistas que participen en la modalidad deportiva de ciclismo de montaña.
- Sexo masculino.
- Edad mayor de 25 años.
- Practicar la actividad con una frecuencia mínima de 2 veces a la semana.

Los criterios de exclusión fueron:

- Padecer en el momento del estudio lesiones en el miembro inferior que impidan la actividad deportiva.
- Presentar intervenciones quirúrgicas previas en el miembro inferior, que puedan sesgar los resultados.
- No realizar las 3 h completas de actividad.
- No volver a la sede del club deportivo al finalizar la actividad para que se realice la recogida de datos pertinente.

Las variables a estudiar en el presente trabajo fueron: índice de postura del pie (*Foot Posture Index* [FPI]), índice de función del pie (*Foot Function Index* [FFI]), índice del

arco (Arch Index [AI]), descenso del escafoides (*Navicular Drop Test* [NDT]), edad, peso, talla, índice de masa corporal (IMC) y lesiones previas.

Como instrumentos de recogida de datos, se emplearon el cuestionario del FFI, el FPI, el NDT y una pedigrafía, para valorar posteriormente el AI mediante el programa informático AutoCAD®.

El FFI es un cuestionario que mide la escala de dolor, discapacidad y limitación de la actividad de los pies durante la semana anterior a la realización del mismo¹¹. Inicialmente, esta prueba se diseñó y validó en el año 1991 para la evaluación de pacientes con artritis reumatoide¹², pero posteriormente se adaptó para la valoración de otras patologías o condiciones dolorosas en el pie y el tobillo.

El FFI empleado en esta versión es el de 23 ítems traducido transculturalmente al español. La puntuación total consiste en dividir la suma de todos los ítems entre la calificación máxima obtenible: 207 (23 ítems $\times$ 9 puntos), y siendo después multiplicada por 100 para conseguir un porcentaje.

Como resultado final, valores de porcentajes más bajos corresponden a un mejor índice de función del pie. Por el contrario, un FFI con valores cercanos al 100% se relaciona con una peor funcionalidad.

El FPI es una herramienta de diagnóstico clínico que valora la postura del pie en carga en los 3 planos del espacio, mediante la observación y palpación de 6 criterios, obteniendo una puntuación de entre -12 y +12, correspondiéndose con los valores neutro (de 0 a +5), pronado (de +6 a +9), altamente pronado (de +10 a +12), supinado (de -1 a -4), y altamente supinado (de -5 a -12)^{13,14}.

El NDT es una prueba que sirve para conocer el descenso del escafoides, midiendo la diferencia en milímetros entre la posición del hueso navicular cuando la articulación subastragalina está neutra, y la posición del escafoides cuando el pie se encuentra en posición relajada, marcándola en una tarjeta o cartulina. Es anormal cuando mide más de 10 mm^{15,16} (fig. 1a-c).

Una pedigrafía es una huella que se obtiene mediante un pedígrafo y se emplea para realizar numerosas mediciones (fig. 2a), tal como el AI, que es una medida que se emplea para determinar la forma del arco mediante su área. La fórmula que se emplea es $B/(A+B+C)$, donde B es el área de mediopié, A el área del talón y C el área del antepié. El AI, por tanto, es calculado como la proporción de mediopié entre el área del pie entero excluyendo los dedos. Sus valores son: arco normal (AI entre 0,21 y 0,26), arco alto (< 0,21) y arco aplanado (> 0,26). En este trabajo, se emplea AutoCAD® para obtener estos índices, el cual es un software de diseño asistido por ordenador utilizado para dibujo 2D y modelado 3D^{17,18} (fig. 2b).

Para llevar a cabo este estudio piloto, se solicitó autorización al Área Clínica de Podología de la Universidad de Sevilla. Asimismo, se solicitó la evaluación de un Comité Ético de Investigación (CEI) de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío.

Igualmente, se obtuvo el consentimiento informado por parte de cada uno de los participantes. Este consentimiento se realizó de manera tanto oral como escrita, mediante un documento explicativo con toda la información relativa a la naturaleza del estudio, así como un apartado en el que

se acepta expresamente la voluntariedad de la participación y la posible revocación del consentimiento en cualquier momento del estudio.

El protocolo de recogida de datos fue el siguiente: una vez firmado el consentimiento informado, el participante procedió a rellenar una hoja de recogida de datos, donde se encontraban los datos de filiación y otros datos de interés (lesiones actuales o previas, equipo o club perteneciente, número de días de práctica deportiva, etc.).

Cuando se cumplimentaron todos los datos de interés y filiación, cada participante realizó el cuestionario para conocer el FFI.

A continuación, el investigador 1 colocó al participante en bipedestación sobre un podoscopio para realizarle el FPI previo a la actividad. Posteriormente, se llevó a cabo la medición del NDT por parte del investigador 2. Por último, el investigador 3 realizó la toma de pedigrafías en carga del participante.

Tras estas mediciones, que tuvieron un periodo de duración estimado de 10 min por participante, se les invitó a que realizasen la ruta de montaña de 3 h.

Al terminar la ruta, los participantes debían volver a la sede deportiva, donde se realizaron de nuevo las medidas postactividad, que fueron: la estimación del FPI, la medición del NDT y la toma de pedigrafías, las cuales fueron realizadas de la misma manera y por los mismos investigadores que en la primera toma de datos.

En todas las sesiones de recogida de datos, y con todos los clubes deportivos que participaron en este estudio, los investigadores fueron siempre los mismos para cada prueba o test, para evitar el sesgo de los resultados.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el software IBM SPSS Statistics® 22 para Windows® 8.1. Para estimar la diferencia entre 2 muestras dependientes o relacionadas, se realizaron primero pruebas de normalidad, en este caso un test de Shapiro-Wilk ya que el tamaño muestral era < 50. Cuando la diferencia entre las medidas pre y post siguió una distribución normal, se realizó una prueba t de Student para muestras relacionadas. Cuando la muestra no presentó una distribución normal, se realizaron pruebas no paramétricas, empleando para ello el test de Wilcoxon. Se consideró estadísticamente significativo todo valor de $p < 0,05$.

Resultados

Se obtuvo una muestra total de 19 individuos de sexo masculino (38 pies). Inicialmente se recogieron datos de 23 participantes, pero hubo 4 pérdidas debido a problemas técnicos con la bicicleta o accidentes leves. La edad media de la muestra fue de $42,47 \pm 7,75$ años, siendo el sujeto más joven de 29 años y el mayor de 59. El IMC fue de $25,84 \pm 2,17$. Respecto a la variable lesiones previas, solo el 21% de la muestra había padecido alguna. Los valores de todas las variables medidas para determinar la postura (FPI, NDT, AI) fueron mayores en la medida postactividad, siendo todos los valores, exceptuando el NDT, mayores en el pie derecho (tabla 1). No se procedió a analizar los datos de la variable FFI, dado que en todos los participantes —menos en 2 cuyo resultado fue de 1,45— fue 0, por lo que consideramos que no fueron datos relevantes.



Figura 1 a) Medición del *Navicular Drop Test*: colocación de la articulación subastragalina en posición neutra y marcación del escafoides. b) Medición del *Navicular Drop Test*: marcación de la posición del escafoides con la articulación subastragalina neutra. c) Medición del *Navicular Drop Test*: marcación de la caída del escafoides en carga relajada.

En cuanto al FPI, se observó que un 63% de la muestra presentaba el pie derecho dentro del rango neutro en la medida previa a la actividad, y el 68% de los participantes presentaban esta medida en el pie izquierdo. Se encontraba dentro de la categoría «pronado» el 32% de la muestra en ambos pies, y un 5% presentaba el pie derecho altamente pronado previo a la actividad, frente al 0% del pie izquierdo. No hubo ningún resultado de pies supinados ni altamente supinados. La media de estas medidas en el periodo preactividad fue

de $4,74 \pm 2,60$ en el pie derecho, y de $4,21 \pm 2,25$ en el pie izquierdo. Por el contrario, la media del FPI postactividad fue de $5,95 \pm 2,39$ en el pie derecho, y de $5,79 \pm 2,87$ en el pie izquierdo, teniendo la muestra estudiada una mayor tendencia a la pronación después de la actividad. El 47% de los participantes presentaban un pie izquierdo neutro, mientras que el 37% lo presentaban pronado, y un 16% altamente pronado. En cuanto al pie derecho, un 42% lo presentaban neutro, un 47% pronado y un 11% altamente pronado.

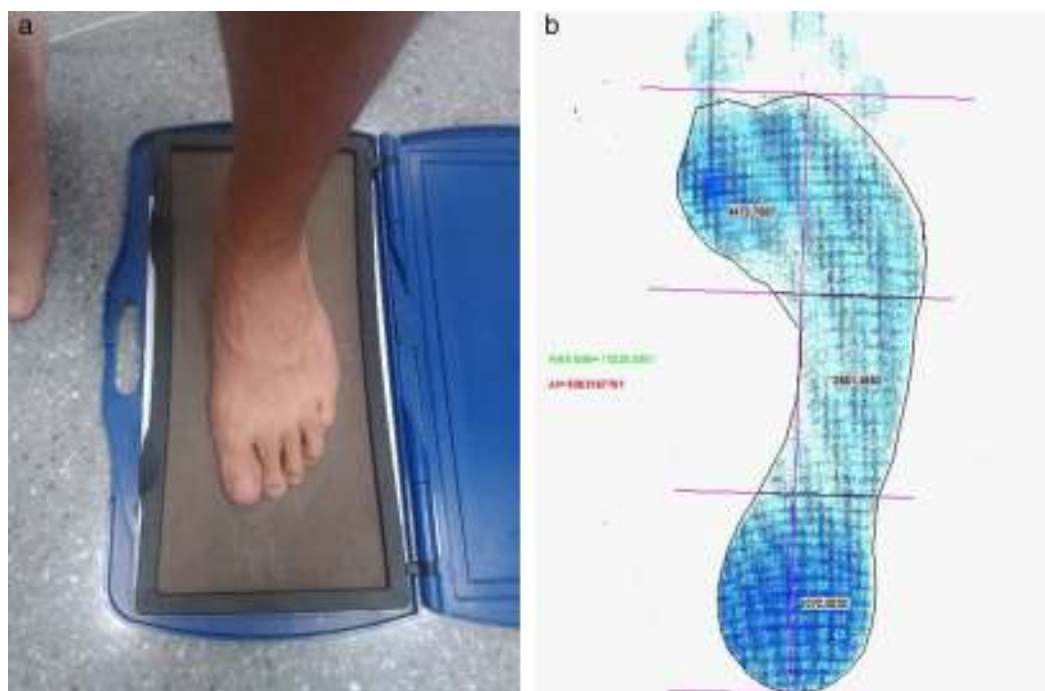


Figura 2 a) Realización de pedigrafía para medir el Arch Index. b) Medición del Arch Index con AutoCAD®.

Nuevamente, no hubo casos de supinación para ninguno de los 2 pies en las medidas postactividad. Tras realizarse la prueba t de Student, la diferencia entre FPI pre y post de ambos pies fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (tabla 2).

Los resultados del AI en las medidas previas a la actividad revelaron que, en ambos pies, el 37% de la muestra presentaba arco alto, 21% arco aplanado y 42% arco normal, siendo la media de $0,20 \pm 0,05$ en el pie derecho, y de $0,20 \pm 0,05$ en el pie izquierdo, resultados con diferencias casi imperceptibles. Sin embargo, en las medidas postactividad, cada uno de los resultados evoluciona de una manera distinta dependiendo de la lateralidad, obteniendo para el pie derecho que el 40% de la muestra presentó arco alto, un 45% arco normal, y un 15% arco aplanado; y para el pie izquierdo, un 40% de la muestra de la población estudiada

presentaba un arco alto, frente al 35% que presentaba arco normal y al 30% que presentaba arco aplanado. La media para el AI post pie derecho era de $0,23 \pm 0,034$, y la del pie izquierdo $0,21 \pm 0,04$. Al AI del pie izquierdo se le realizó la prueba t de Student, ya que seguía una distribución normal, pero la diferencia entre las medidas pre y postactividad no fue estadísticamente significativa. Por el contrario, para el AI del pie derecho, en el cual se empleó el test de Wilcoxon, dado que no seguía una distribución normal, sí resultó estadísticamente significativa la diferencia entre las medidas pre y postactividad (tablas 2 y 3).

Para el NDT, la media de la medida pre fue de $4,63 \pm 1,95$ mm para el pie derecho, y de $5,32 \pm 1,70$ mm para el pie izquierdo. En las medidas post, la media de la muestra fue de $5,32 \pm 2,21$ mm en el pie derecho, y de $5,84 \pm 2,16$ mm en el izquierdo. Se realizó el test de

Tabla 1 Estadísticos descriptivos para las variables de medición de la postura del pie

Variable	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Varianza
FPI pre pie derecho	9	1	10	4,74	2,60	6,76
FPI post pie derecho	9	2	11	5,95	2,39	5,71
FPI pre pie izquierdo	7	1	8	4,21	2,25	5,06
FPI post pie izquierdo	10	1	11	5,79	2,87	8,28
NDT pre pie derecho	7	3	10	4,63	1,95	3,80
NDT post pie derecho	7	2	9	5,32	2,21	4,89
NDT pre pie izquierdo	6	3	9	5,32	1,70	2,89
NDT post pie izquierdo	9	2	11	5,84	2,16	4,69
AI pre pie derecho	0,18	0,09	0,27	0,20	0,05	0,004
AI post pie derecho	0,11	0,16	0,27	0,23	0,03	0,001
AI pre pie izquierdo	0,22	0,05	0,28	0,20	0,05	0,003
AI post pie izquierdo	0,20	0,09	0,29	0,21	0,04	0,002

Tabla 2 Prueba paramétrica

Variable	Diferencias relacionadas				t	Sig. (bilateral)	
	Media	Desv. típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			
				Superior			Inferior
FPI pre pie derecho-FPI post pie derecho	-1,211	1,548	0,355	-1,957	-0,464	-3,408	0,003
FPI pre pie izquierdo-FPI post pie izquierdo	-1,579	1,924	0,441	-2,506	-0,652	-3,577	0,002
AI pre pie izquierdo-AI post pie izquierdo	-0,010778	0,026619	0,06107	-0,0236	0,002051	-1,765	0,095
NDT pre pie izquierdo-NDT post pie izquierdo	0,68	2,68	0,43	-0,32	1,69	-1,23	0,235

Prueba t de Student para muestras relacionadas.

Tabla 3 Prueba no paramétrica

Variables	NDT pre pie derecho-NDT post pie derecho	AI pre pie derecho-AI post pie derecho
Significación asintótica (bilateral)	0,240	0,020

Test de Wilcoxon.

Wilcoxon para las variables del pie derecho, y la prueba t de Student para las del pie izquierdo. Como resultado de esta prueba, la diferencia entre las medidas NDT pre y post del pie derecho y NDT pre y post del pie izquierdo resultó estadísticamente no significativa (tablas 2 y 3).

Discusión

Los resultados de este estudio fueron estadísticamente significativos solo en la variable FPI y en el AI del pie derecho. El resto de variables fueron no significativas ($p > 0,05$).

En varios estudios, tal como ocurre en el nuestro, los deportistas presentan en su mayoría pies neutros o con ligera tendencia a la pronación. Se piensa que esto ocurre porque la postura en pronación tiende a ser más amortiguadora y con más capacidad de adaptación que la supinación. Coincidimos en este pensamiento con los estudios de Martínez-Nova et al.¹⁹ (30 corredores, 30 baloncesto y 30 balonmano), De Groot et al.²⁰ (voleibol), Cimelli y Curran²¹ (bailarines), Cain et al.²² (jugadores fútbol sala), Burns et al.²³ (131 atletas), y Ramskov et al.²⁴ (927 corredores).

La prueba t de Student para muestras relacionadas manifestó la existencia de diferencias significativas para el FPI en las medidas pre y postactividad de ambos pies ($p < 0,05$). Coincidimos en estos resultados con Escamilla-Martínez et al.²⁵, en cuyo estudio se comparó el FPI antes y después de correr 60 min en 30 corredores *amateur*.

Nuestros resultados difieren de los obtenidos por Cowley y Marsden²⁶, que estudiaron a 30 corredores de media maratón, a los cuales medían el FPI una semana antes de la carrera, y 5 min después de acabarla. Solo existían cambios estadísticamente significativos en el pie izquierdo, lo que

sospechaban que podía reflejar la influencia del miembro dominante.

Al realizar una búsqueda bibliográfica, se puede apreciar que en la mayoría de estudios publicados en los que se mide esta variable, se determina el AI a través de la toma de huellas mediante plataformas de presión o sistemas de huella electrónicos. En nuestro trabajo realizamos la toma de huellas de manera impresa mediante pedígrafo impregnado en tinta, ya que consideramos que refleja mejor la huella real del pie. Coincidimos en este pensamiento con el estudio de Urry y Wearing^{27,28}, los cuales realizan 2 investigaciones para determinar la diferencia entre las huellas tomadas por plataformas electrónicas de presión y huellas impresas con tinta. Como resultados, destacaron que la plataforma de presiones realizaba una medición del área de contacto del pie más deficiente, siendo el AI bastante menor en la plataforma.

Los resultados de nuestro estudio respecto a la variable AI muestran cómo en el pie derecho la diferencia de sus medias es estadísticamente significativa al realizar el test de Wilcoxon, ya que $p = 0,020$. Por el contrario, las variables AI pre y post del pie izquierdo no son estadísticamente significativas ($p = 0,095$). Estos datos hacen pensar que quizá sí exista una relación entre el miembro dominante y el cambio de postura, tal como sugerían Cowley y Marsden²⁶ y Berdejo del Fresno et al.²⁹, pero son solo suposiciones, ya que en nuestro estudio no se ha recogido como variable la dominancia lateral.

Los resultados obtenidos del NDT fueron estadísticamente no significativos, a pesar de aumentar ligeramente después de la variable de intervención. Para Cowley y Marsden²⁶, que existan diferencias en los resultados entre el FPI y el NDT puede ser debido a que el FPI considera también los cambios de las partes blandas, mientras que el NDT se centra solo en cambios óseos. Tampoco sabemos si

el hecho de que las medidas del NDT hayan sido tomadas de manera distinta a las descritas originalmente por Brody¹⁵ ha podido influir en los resultados. De cualquier manera, no lo consideramos relevante, puesto que Brody en su trabajo no demostró validez respecto a esta prueba, que fue descrita por primera vez en 1982, frente a ciertos estudios de reciente aparición en los que ha sido medido el NDT con el mismo protocolo que se ha seguido en este trabajo, el cual fue descrito por primera vez por Loudon et al.³⁰.

En una investigación reciente llevada a cabo por Eslami et al.³¹, estos afirmaron que un mayor descenso del escafoide era factor predisponente para la aparición de lesiones. Shultz et al.³² discuten la relación entre un incremento del NDT y del ángulo Q, y un mayor riesgo de lesiones.

Estos trabajos sugieren que, a cifras más elevadas de NDT, y por tanto mayor pronación del pie, más riesgo existe de padecer lesiones en el miembro inferior, contradiciendo los estudios que han sido citados en los apartados anteriores, en los que se evidenciaba que los sujetos con postura del pie supinada eran más propensos a padecer lesiones que los individuos con pies pronados o neutros, ya que se consideraban más flexibles y adecuados a los movimientos relativos a la actividad deportiva.

Entre las limitaciones del estudio, consideramos como la más importante el no haber registrado como variable la dominancia del miembro inferior de la muestra. Otra limitación que presenta nuestro trabajo es el tiempo que duró la actividad deportiva, que pudo no ser suficiente para desencadenar cambios más significativos en la postura, puesto que al no ser un deporte en el que el pie reciba directamente impactos, es posible que se necesite un tiempo mayor para que la postura del pie cambie.

Como líneas de investigación futuras, se propone un nuevo estudio con otras modalidades del ciclismo, siendo posible comparar entre unas y otras para conocer si existen diferencias en la postura del pie con la actividad deportiva en distintas modalidades del mismo deporte, así como realizar una comparación entre sexos. Además, se realizaría una ampliación de la muestra para poder obtener unos resultados más fiables. Otra propuesta interesante será la introducción de otros deportes, así sería posible establecer los cambios de postura del pie según el impacto que tenga el deporte en el miembro inferior.

Como conclusiones de este estudio, destacamos que el FFI en su versión española no fue una herramienta útil para el conocimiento de la funcionalidad del pie en ciclistas de montaña. Existía una relación directa entre la práctica de 3 h de ciclismo de montaña y los cambios de la postura del pie medida con el FPI. No fue posible estimar relación directa entre la práctica deportiva y los cambios de postura medidos con el AI en ciclistas, dado que los resultados fueron estadísticamente significativos en el pie derecho, pero no en el izquierdo. No se pudo evidenciar que existiese relación entre la actividad deportiva desarrollada en este estudio y el descenso del escafoide medido con el NDT, ya que los datos resultaron estadísticamente no significativos.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las

normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

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 han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Financiación

El presente estudio no está financiado por ninguna entidad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

Al Área Clínica de Podología y del Departamento de Podología de la Universidad de Sevilla, por haber puesto a nuestra disposición los recursos humanos y materiales necesarios para poder llevar a cabo este proyecto.

A los ciclistas que voluntariamente y de manera altruista han accedido a participar en este estudio.

Bibliografía

1. Carballo LM. La movilidad ciclista como factor de sostenibilidad: breve análisis de su emergencia en la ciudad de Sevilla. *Hábitat y Soc.* 2011;2:109-30.
2. Clubes federados por tipo de deporte, periodo y comunidad autónoma. Instituto Nacional de Estadística [consultado Nov 2015]. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?type=pcaxis&path=/t12/a115/a01/l0/&file=o20013.px>
3. Licencias federadas por tipo de deporte, periodo y comunidad autónoma. Instituto Nacional de Estadística [consultado Nov 2015]. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?type=pcaxis&path=/t12/a115/a01/l0/&file=o20012.px>
4. Sanner WH, O'Halloran WD. The biomechanics, etiology, and treatment of cycling injuries. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000;90:354-76.
5. Alcalde Gordillo Y. Ciclismo y rendimiento: guía para optimizar el entrenamiento y mejorar en ciclismo. Madrid: Tutor; 2011.
6. Allen H, Cheung SS. Ciclismo: entrenamiento avanzado: guía para conseguir el máximo rendimiento: fisiología, biomecánica, periodización, técnica de pedaleo, hidratación. Madrid: Tutor; 2013.
7. Yoshihuku Y, Herzog W. Optimal design parameters of the bicycle-rider system for maximal muscle power output. *J Biomech.* 1990;23:1069-79.
8. González H, Hull ML. Multivariable optimization of cycling biomechanics. *J Biomech.* 1989;22:1151-61.
9. Baker A. Medicina del ciclismo: nutrición, fisiología, prevención de lesiones y tratamientos para ciclistas de todos los niveles. Barcelona: Paidotribo; 2002.
10. Ramos Ortega J. Determinación de la posición de la cala en base a los parámetros del miembro inferior del ciclista. Sevilla: Universidad de Sevilla; 2009.

11. Paez-Moguer J, Budiman-Mak E, Cuesta-Vargas AI. Cross-cultural adaptation and validation of the Foot Function Index to Spanish. *Foot Ankle Surg.* 2014;20:34–9.
12. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. The Foot Function Index: A measure of foot pain and disability. *J Clin Epidemiol.* 1991;44:561–70.
13. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin Biomech.* 2006;21:89–98.
14. Pascual Gutiérrez R, Redmond A, Alcacer Pitarch B, López Ros P. Índice de Postura del Pie (IPP-6) versión de seis criterios, manual y guía del usuario. *Pod Clin.* 2013;14:36–45.
15. Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am.* 1982;13:541–58.
16. Mueller MJ, Host JV, Norton BJ. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1993;83:198–202.
17. Wong CK, Weil R, de Boer E. Standardizing foot-type classification using arch index values. *Physiother Can.* 2012;64:280–3.
18. McCrory JL, Young MJ, Boulton A. JM, Cavanagh PR. Arch index as a predictor of arch height. *Foot.* 1997;7:79–81.
19. Martínez-Nova A, Gómez-Blázquez E, Escamilla-Martínez E, Pérez-Soriano P, Gijón-Nogueron G, Fernández-Seguín LM. The foot posture index in men practicing three sports different in their biomechanical gestures. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014;104:154–8.
20. De Groot R, Malliaras P, Munteanu S, Payne C, Morrissey D, Maffulli N. Foot posture and patellar tendon pain among adult volleyball players. *Clin J Sport Med.* 2012;22:157–9.
21. Cimelli SN, Curran SA. Influence of turnout on foot posture and its relationship to overuse musculoskeletal injury in professional contemporary dancers. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012;102:25–33.
22. Cain LE, Nicholson LL, Adams RD, Burns J. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. *J Sci Med Sport.* 2007;10:311–9.
23. Burns J, Keenan AM, Redmond A. Foot type and overuse injury in triathletes. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005;95:235–41.
24. Ramskov D, Jensen ML, Obilling K, Nielsen RO, Parner ET, Rasmussen S. No association between q-angle and foot posture with running-related injuries: A 10 week prospective follow-up study. *Int J Sport Phys Ther.* 2013;8:407–15.
25. Escamilla-Martínez E, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Sánchez-Rodríguez R, Fernández-Seguín LM. The effect of moderate running on foot posture index and plantar pressure distribution in male recreational runners. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013;103:121–5.
26. Cowley E, Marsden J. The effects of prolonged running on foot posture: A repeated measures study of half marathon runners using the foot posture index and navicular height. *J Foot Ankle Res.* 2013;6:20.
27. Urry SR, Wearing SC. Arch indexes from ink footprints and pressure platforms are different. *Foot.* 2005;15:68–73.
28. Urry SR, Wearing SC. A comparison of footprint indexes calculated from ink and electronic footprints. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001;91:203–9.
29. Berdejo-del-Fresno D, Lara Sánchez A, Martínez López E, Cachón Zagalaz J, Lara Diéguez S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Rev Int Med Cienc Act Fis Dep.* 2013;13:19–39.
30. Loudon J, Jenkins W, Loudon K. The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1996;24:91–7.
31. Eslami M, Damavandi M, Ferber R. Association of navicular drop and selected lower-limb biomechanical measures during the stance phase of running. *J Appl Biomech.* 2014;30:250–4.
32. Shultz SJ, Carcia CR, Gansneder BM, Perrin DH. The independent and interactive effects of navicular drop and quadriceps angle on neuromuscular responses to a weight-bearing perturbation. *J Athl Train.* 2006;41:251–9.