



Original

Modificación del índice de postura del pie en pies neutros y pronados bajo efecto de fatiga



A. Páez-Tudela^a, P. V. Munuera-Martínez^a, M. Coheña-Jiménez^a, R. Centeno-Prada^b, R. Ruiz-García^c, J. Algaba-del Castillo^a.

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

^b Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla. España.

^c Rocío Ruiz Clínica Podológica. Villamanrique de la Condesa. Sevilla. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 24 de abril de 2019, aceptado el 22 de mayo de 2019, online el 24 de mayo de 2019

RESUMEN

Objetivo: Se pretende analizar la modificación de la postura de los pies al ser sometidos a una situación estresante para la musculatura del miembro inferior, y valorar la capacidad de recuperación de esos pies tras un período de descanso.

Método: Se determinó el Índice de Postura del Pie (FPI-6) en 63 sujetos adultos sanos y fueron sometidos a una prueba de "saltos continuos con contramovimiento de 30 segundos de duración". Después, se valora el FPI-6 de cada sujeto, así como tras 15 minutos de descanso.

Resultados: Hubo cambios estadísticamente significativos en la postura del pie en ambos grupos al relacionar las tres situaciones experimentales (antes e inmediatamente después de la prueba y tras descanso). Dichos cambios presentan una magnitud del efecto fuerte entre los momentos basales y post, y entre post y descanso; mientras que es débil entre los momentos basales y descanso. Tras la prueba, existe un aumento del valor del FPI-6 respecto a la situación inicial. Tras el descanso los cambios observados fueron significativos en relación a los obtenidos tras la prueba con disminución del valor del FPI-6, aunque no volvieron a los valores iniciales previos a la prueba.

Conclusiones: La fatiga producida por la prueba de saltos continuos con contramovimiento de 30 segundos afecta a los valores del FPI, produciendo un aumento de los mismos, pero no es suficiente para modificar la clasificación de la postura del pie en los grupos de pies neutros y pronados estudiados. El tiempo de descanso propuesto no fue suficiente para volver a la situación inicial.

Palabras claves: Índice de Postura del Pie; Fatiga muscular; Pie neutro; Pronación; Lesión Deportiva.

Modification of the foot posture index in neutral and pronged feet under the effect of fatigue

ABSTRACT

Objective: To analyse the modification of the Foot Posture Index a stressful situation for the musculature of the lower limb and to value the capacity of recuperation after a period of rest.

Method: The Foot Posture Index was determined (FPI-6) in 63 healthy adult subjects and they were tested with "continuous counter-movement jumps (CMJ) conducted for 30 seconds". Each subject's FPI-6 was then valued, and again after 15 minutes rest.

Results: There were statistically significant changes in the foot posture in both groups when relating the three experimental situations (before and immediately after the test and after the rest). These changes present a strong effect between the basal and post moments, and between the post and rest moments. After the test, there is an increase of the FPI-6 value with respect to the initial situation. After the rest, the changes observed were significant in relation to those obtained after the test with a decrease of the FPI-6 values, although they did not return to the initial values prior to the test.

Conclusions: The fatigue produced by the continuous counter-movement jumps (CMJ) conducted for 30 seconds affects the FPI values, increasing them, but this is not sufficient to modify the foot posture classification in the groups of neutral and pronged feet studied. The time of rest proposed was not enough to return to the initial situation.

Keywords: Foot Posture Index; Muscular fatigue, Neutral Foot; Pronation; Sports injury.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: podoamanda@gmail.com (A. Páez-Tudela).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2019.05.004>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Mudança do índice de postura do pé em pés neutros e pronados sob efeito de fadiga

RESUMO

Objetivo: Pretende-se analisar a modificação da postura dos pés ao serem submetidos a uma situação estressante para a musculatura de membros inferiores e avaliar a capacidade de recuperação destes pés após um período de repouso.

Método: Foi determinado o índice de postura do pé (FPI-6) em 63 sujeitos adultos saudáveis que foram submetidos a um teste de “saltos contínuos com contra movimento (CMJ) de 30 segundos de duração”. Posteriormente, foi avaliado o FPI-6 de cada sujeito, assim como pós 15 minutos de repouso.

Resultados: Houveram mudanças estatisticamente significativas na postura dos pés em ambos os grupos ao relacionar as três situações experimentais (antes, imediatamente após o protocolo de teste e após o repouso). Essas mudanças apresentaram uma magnitude de efeitos forte entre o momento basal e momento pós e entre o pós e o repouso; enquanto que a magnitude foi fraca entre o momento basal e o repouso. Depois do teste houve um aumento do valor de FPI-6 em comparação com a situação inicial. Depois do repouso as mudanças observadas foram significativas em relação àquelas obtidas após o teste com uma redução no valor de FPI-6, embora não tenham retornado aos valores obtidos antes do teste.

Conclusão: A fadiga produzida pelo teste de saltos contínuos com contra movimento (CMJ) de 30 segundos de duração afeta os valores de FPI, resultando em aumento dos mesmos, porém não foi suficiente para modificar a classificação da postura dos pés nos grupos de pés neutros e pronados avaliados. O tempo de descanso proposto não foi suficiente para voltar aos níveis basais.

Palavras chaves: Índice de Postura do Pé; Fadiga muscular; Pé neutro; Pronação; Lesão esportiva.

Introducción

La fatiga muscular se puede definir como “incapacidad del músculo para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinada”¹ o “cualquier reducción inducida mediante alguna actividad física de la capacidad de ejercer la fuerza o potencia propia del músculo”².

Barbosa y cols.³ indican que en deportes donde se busca mejorar una marca determinada de tiempo, el retraso en la aparición de la fatiga es primordial para mejorar su realización, ya que su manifestación puede suponer un impedimento de la capacidad de producir fuerza o potencia máxima. El resultado mecánico producido por las propiedades contráctiles del músculo disminuye en situación de fatiga⁴. El ejercicio físico intenso produce rupturas a nivel de las miofibrillas musculares. Este daño muscular produce una fatiga que limita el rendimiento muscular disminuyendo la fuerza, el pico de potencia o la velocidad⁵.

Las variaciones de la postura del pie, así como las repercusiones que tienen sobre el resto del organismo, podría ser un condicionante para la realización de actividades relacionadas con la actividad física y el deporte e, incluso, de la vida diaria.

Es bien conocido que cada tipo de pie (neutro, pronado o supinado) adquiere unas características propias que influyen en la persona⁶, desde el gasto energético que provoca durante la realización de una tarea hasta la propensión a sufrir una lesión o incluso en la recuperación de la misma⁷. Diferentes autores coinciden que las variaciones morfo-funcionales que existen en los distintos tipos de pies repercuten directamente en la tendencia de un sujeto a padecer o no una patología⁷⁻⁹. Se considera que en el pie pronador se producen alteraciones en los ejes articulares, provocando un aumento del consumo energético por parte del organismo, cuya consecuencia final podría ser la aparición de diversas lesiones.

Se ha asociado, de forma general, diferentes posturas del pie con alteraciones en su función, su cinética y la consiguiente aparición de lesiones. Esto se ha estudiado en diferente investigaciones sobre el FPI-6 y la cinemática del miembro inferior durante la marcha¹⁰ o en los parámetros de la presiones plantares en dinámica¹¹, indicando que la medición del FPI-6 permite diferenciar los modelos de presiones plantares en tres grupos, con pies pronados caracterizados por soportar mayores presiones bajo el primer dedo que los pies neutros.

En relación a si se pueden catalogar los distintos tipos de pies según la actividad deportiva desarrollada, los diferentes autores consultados no son capaces de dar un resultado cierto que responda a dicha pregunta. Martínez-Nova et al.¹² en un estudio sobre 90 sujetos en tres deportes diferentes: baloncesto, balonmano y carrera, indican que los pies de los jugadores de baloncesto y de los corredores se catalogaban como neutros con

tendencia a la pronación¹³, mientras que los pies de los jugadores de balonmano eran supinados.

Varios estudios sugieren que determinados tipos de pies podrían estar relacionados con la producción de lesiones en corredores de larga distancia, jugadores de fútbol sala y triatletas, por lo que tendrían un alto valor a la hora de predecir posibles lesiones en este tipo de deportistas^{2,10}.

Queda expuesto, por tanto, que tanto la postura del pie como la aparición de fatiga muscular son variables que tienen influencia sobre la posible aparición de lesiones relacionadas con la actividad físico-deportiva. La combinación de ambas variables, tanto desde el punto de vista preventivo como de la predisposición para la realización de una determinada modalidad deportiva, podría ser una herramienta importante tanto para los propios atletas, entrenadores y personal sanitario que se ocupan de su salud. Es por tanto pertinente poder comprobar cómo la postura del pie protege de la aparición de alteraciones relacionadas con la fatiga, así como puede ayudar en la recuperación de dichas situaciones fatigantes.

El propósito del presente estudio es analizar el comportamiento de dos tipos de pies (neutros y pronados) en sujetos adultos sanos antes y después de una situación aguda de fatiga muscular, examinándose también las variaciones adoptadas por éstos tras un período de descanso. La hipótesis nula indicaría que la postura del pie medida a través de la herramienta FPI-6 no cambia tras someter a fatiga la musculatura de la extremidad inferior.

Método

Se trata de un ensayo controlado no aleatorizado. En una población inicial de 112 sujetos adultos sanos se mide el FPI-6.

Para el cálculo de la muestra final, se tomó como referencia la variable FPI y se ha obtenido el tamaño muestral para comparación de dos medias (neutros y pronados). La fórmula a aplicar es:

$$n = \frac{2s^2(z_\alpha + z_\beta)^2}{d^2}$$

s. Estimación de la desviación típica basándose en estudios anteriores.

α. Error Tipo I.

β. Error Tipo II.

d. Diferencia mínima que se desea detectar.

Por tanto, la ecuación final sería:

$$n = \frac{2s^2(z_\alpha + z_\beta)^2}{d^2} = \frac{2 \cdot 2^2 \cdot (1,96 + 0,84)^2}{1,5^2} = 27,875 \cong 28$$

Tras la aplicación de la fórmula para el tamaño muestral del presente estudio, se requieren 56 individuos, es decir, al menos 28 individuos en cada grupo para poder efectuar una comparación cumpliendo estos requisitos.

De dicha muestra inicial se incluyeron en el estudio aquellos sujetos que presentaban la misma catalogación del FPI en ambos pies, eran mayores de edad y que no hubiesen sufrido lesión, accidente y/o intervención quirúrgica de miembro inferior en un periodo de tiempo de 12 meses previos a este estudio. Así mismo, fueron excluidos aquellos sujetos que presentaban clasificación de pies supinados y que estuviesen en tratamiento con soportes plantares. Tras la aplicación de ambos criterios, finalmente se obtuvo una muestra de 63 individuos.

Este estudio se realizó atendiendo a la Declaración de Helsinki y con la aprobación del Comité de Ética de Investigaciones Biomédicas de la Junta de Andalucía (España), con número de código interno: 1590-N-16. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado de participación en este estudio.

La catalogación y clasificación de los tipos de pies se llevó a cabo en las instalaciones del Área Clínica de Podología de la Universidad de Sevilla realizada por una persona experta con más de dos años de experiencia en la medición del FPI-6. Las pruebas de valoración de fatiga muscular se realizaron en el Área de Fisiología del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD) de Sevilla. Se trata de una sala estanca e insonorizada, con espacio suficiente con temperatura (20-24^o) y humedad (50-70%) de la sala estable con renovación del flujo de aire continuo. Las pruebas se realizaron durante un período de un año natural entre Diciembre de 2016 y Diciembre 2017.

Para que los sujetos experimentales se encontrasen en condiciones físicas de descanso, en los 60 minutos previos al estudio permanecían en una sala anexa en situación de reposo. Tras la medición de la altura (tallímetro manual AÑÓ SAYO modelo Atlántida[®] con precisión de 1 mm), el sujeto se sitúa sobre una plataforma de fuerzas (DINASCAM/IBV[®], con superficie activa de 600x370 mm, frecuencia de muestreo 100 Hz y software NedSVE/IBV[®]), dónde se registra el peso y el FPI-6 inicial (BASAL). Se realizó un test inicial del salto con contramovimiento o "Countermovement Jump" (CMJ), colocándose el sujeto en bipedestación con los pies hacia el frente y apertura similar a la anchura de los hombros, realizando a continuación una flexión de 90^o aproximadamente de rodillas e impulsándose hacia arriba^{14,15}, evaluando la fuerza máxima explosiva concéntrica del cuádriceps tomada como referencia para la prueba de saltos continuos. Seguidamente, se efectuó la prueba de saltos continuos con contramovimiento, que sigue la mecánica del CMJ pero repitiendo el salto durante 30 segundos a un ritmo de un salto por segundo¹⁵⁻¹⁶. El sujeto ejecuta saltos durante 30 segundos a ritmo de un salto por segundo. Una vez finalizado el CMJ, se registra de nuevo el FPI-6 (POST). A continuación, el sujeto permanece descansando durante 15 minutos, tras los cuales se realiza una nueva valoración de la postura del pie (DESCANSO). El tiempo total empleado fue de 30 minutos por cada sujeto. Los sujetos realizaron los test descalzos para evitar las posibles interferencias del calzado sobre la postura del pie.

Con todo ello, se obtuvieron los valores de los seis ítems que componen el FPI: palpación del astrágalo, curvatura supra e inframaleolar de la cara lateral del pie, posición del calcáneo en el plano frontal, prominencia de la articulación astrágalo-escafoidea, altura y congruencia del arco longitudinal interno y abducción-

aducción del antepié respecto del retropié; así como los del FPI-6 total: valores entre -12 y -1, pies supinados; valores entre 0 y +5, pies neutros; valores entre +6 y +12, pies pronados.

El análisis de los datos de las tres pruebas se lleva a cabo tanto para los valores del pie derecho como del pie izquierdo. El análisis estadístico se ha realizado utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22 (SPSS Science, Chicago, IL). Para el análisis descriptivo se han calculado los valores medios y la desviación típica. Para el análisis inferencial se ha tenido en cuenta un nivel de confianza del 95% por lo que el p-valor experimental se ha comparado con un nivel de significación del 5%.

Para conocer el tipo de prueba más adecuada a emplear según sea el comportamiento de los datos se han realizado pruebas de normalidad. Como los datos no cumplen los criterios de normalidad se ha utilizado la prueba estadística de Wilcoxon de los rangos con signos para muestras relacionadas. El tamaño del efecto se ha obtenido a través de la r de Rosenthal debido a la no normalidad en los datos, ya que tiene en cuenta el valor estadístico estandarizado.

Resultados

En el siguiente diagrama se expone el flujo de los participantes en el presente estudio (Figura 1).

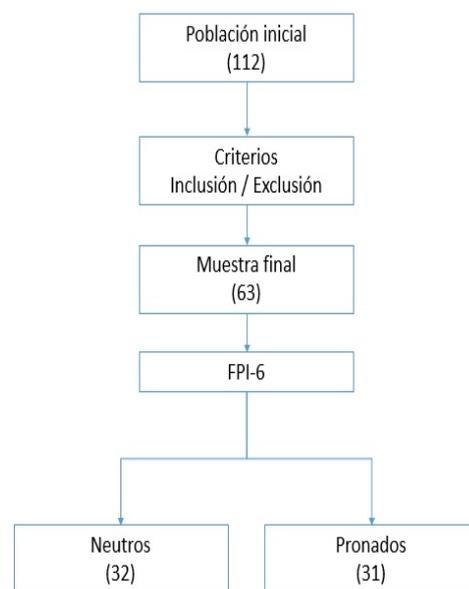


Figura 1. Diagrama de flujo de los sujetos.

63 participantes fueron incluidos en el estudio, dividiéndose en dos grupos: un grupo de pies neutros con 32 participantes (23 mujeres) con una edad de 22.71 ± 3.02 años y un IMC de 23.79 ± 4.59 , y un grupo de pies pronados con 31 participantes (20 mujeres) con una edad de 24.58 ± 7.13 años y un Índice de Masa Corporal (IMC) de 25.35 ± 5.63 . Los grupos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a sexo, edad e IMC.

En la tabla 1 se muestran los valores de la postura del medidos con FPI-6 en la situación inicial, inmediatamente posterior al esfuerzo y después de 15 minutos de descanso, tanto para el grupo de pies neutros como para el grupo de pies pronados.

En la Tabla 2 se muestran los valores de la media y del efecto del tamaño del FPI-6 y los ítems que los componen. Se han eliminado aquellos resultados que indicaban ausencia de cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$).

Tabla 1. Valores en Pies Neutros y Pies Pronados.

NEUTROS	BASAL	POST	DESCANSO
	Media±SD	Media±SD	Media±SD
FPI PI	1.84±1.25	4.38±1.64	2.63±1.54
FPI PD	1.88±1.45	4.16±1.71	2.78±1.41
PRONADOS	BASAL	POST	DESCANSO
	Media±SD	Media±SD	Media±SD
FPI PI	6.71±0.90	8.90±1.68	7.29±1.13
FPI PD	6.87±1.15	9.19±1.42	7.48±1.36

FPI: Índice de Postura del Pie; PI: Pie Izquierdo; PD: Pie Derecho; SD: Desviación estándar.

En el grupo de los pies neutros, se observa que existen cambios estadísticamente significativos entre el momento basal y el post ejercicio, así como entre el post-ejercicio y el descanso (a excepción del ítem cabeza del astrágalo del pie derecho) para cada uno de los ítems así como en el FPI total de ambos pies. Los ítems que se ven afectados con una mayor magnitud de efecto en dichos pies son el arco longitudinal interno (ALI) y la abducción/aducción (ABD/ADD) de la parte anterior de los pies respecto a la posterior de ambos pies, así como el FPI total.

En el grupo de pies pronados también existen cambios significativos en cada uno de los ítems así como en el FPI total cuando se relacionan los momentos basal con post-ejercicio y el post-ejercicio con el descanso, aunque se debe considerar que dichos cambios son de menor magnitud, y que la suma de esos pequeños cambios produce un cambio de gran magnitud en el FPI total de ambos pies.

Al comparar el momento basal con el de descanso, el comportamiento del FPI total es igual para los dos grupos de pies, presentando diferencias estadísticamente significativas pero siendo una magnitud del efecto moderada/baja.

Discusión

El objetivo principal fue analizar el comportamiento de los pies neutros y pronados en sujetos adultos sanos antes y después de una situación aguda de fatiga muscular. Ambos tipos de pies sufrieron cambios hacia un aumento en la pronación, aunque no suficientes para que produzcan una modificación en la clasificación del pie. Así mismo, en ambos grupos entre el momento post ejercicio y el descanso se observa que los valores numéricos, tanto en el FPI total como en la mayoría de los ítems, presentan una tendencia a la disminución que son estadísticamente significativos.

Las modificaciones que se producen en el pie y sus repercusiones en el sujeto es un tema constante de estudio dentro de la comunidad científica, existiendo gran disparidad de conclusiones al respecto. Se diseñó un protocolo que minimizara la influencia de variables sobre las mediciones, pruebas y resultados.

Los participantes estaban una hora en situación de reposo previo. La temperatura, humedad y sonoridad de la sala fueron estables en todo momento, a diferencia de lo revisado en la literatura que no consideran estos aspectos de tanta relevancia sobre los datos obtenidos, a excepción de Fernández García et al.¹⁷ que detallan las condiciones del experimento.

Otro aspecto a tener en cuenta es el papel que ejerce el calzado sobre la postura del pie. Existe una gran diversidad de calzados con diferentes características: control de estabilidad, amortiguación, adaptados a distintas modalidades, suelos y duración de la prueba. Roy et al.¹⁰ indica que los sistemas de amortiguación influyen directamente en la presencia de cargas en distintas zonas de la planta del pie.

En la confección y diseño del calzado deportivo destacan elementos que controlan movimientos que puedan ser perjudiciales. Malisoux et al.¹⁸ realizaron un ensayo controlado aleatorio y cegado sobre el riesgo de lesión en corredores, concluyendo en un menor riesgo durante la carrera con un calzado con control de pronación, consiguiendo los pies pronados un mayor rendimiento con este calzado. Este planteamiento justifica que en este estudio se realizara la prueba de laboratorio con los sujetos descalzos, evitando la influencia del calzado sobre los valores del FPI.

El FPI es una herramienta extendida dentro del ámbito de la investigación podológica^{11,19}. Tradicionalmente se han empleado otro tipo de herramientas como índice de valgo⁸, ángulo de Clarke²⁰ o índice de Staheli²¹, que se basan en la medición de pedigrafías. Ante estos métodos nuestro estudio presenta una serie de ventajas como son la medición sencilla, relación tiempo-eficacia buena, bajo coste, simplificación de los resultados y permite obtener criterios cuantitativos de cada ítem, así como una alta fiabilidad y validez²². Señalando al FPI como herramienta predictiva en la prevención de lesiones^{23,24}.

La mayoría de los estudios valoran en exclusiva la puntuación total del FPI-6²⁴. Sánchez Rodríguez et al.¹¹ que han analizado, en concordancia con nuestro estudio, los ítems individuales indican que éstos predicen variabilidad de los pies de baja a moderada, siendo la prominencia talonavicular y la posición del calcáneo en el plano frontal los más influyentes en el establecimiento de diferencias de las presiones plantares entre los distintos tipos de pies. Las pruebas de saltos continuos se utilizaron para someter al sujeto a fatiga muscular por ser pruebas validadas y usadas en estudios similares^{14,16,25}.

Hay estudios que concluyen que no hay diferencias significativas entre FPI total del pie derecho y del izquierdo de una población²³. Atendiendo a esta afirmación, hay autores que valoran un solo pie y de forma aleatoria^{11,12}. En cambio, para obtener datos pareados y valorar la dependencia entre ambos pies, se han estudiado los dos pies de cada sujeto, obteniéndose los mismos resultados que en los estudios indicados.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio indican que en los pies neutros, son el ALI y la ABD/ADD del antepié los que presentan mayor susceptibilidad a modificación. Esto nos hace pensar que son los músculos con efecto directo sobre el ALI los que se afectan especialmente, coincidiendo con los planteamientos propuestos por Angin et al.²⁶, donde indican que la región metatarsal de la fascia plantar y el flexor corto y largo del hallux son los que tienen mayor influencia sobre los cambios en los valores del FPI. La modificación de la ABD/ADD podría aparecer

Tabla 2. Resultados de la prueba de Wilcoxon y de la r de Rosenthal*.

	NEUTROS			PRONADOS		
	Basal-Post p-valor ¹ (r)	Basal-Descanso p-valor ¹ (r)	Post-Descanso p-valor ¹ (r)	Basal-Post p-valor ¹ (r)	Basal-Descanso p-valor ¹ (r)	Post-Descanso p-valor ¹ (r)
Cabeza del Astrágalo PI	0.004 (0.510)		0.007 (0.480)	0.001 (0.622)	0.025 (0.402)	0.008 (0.475)
Prominencia Astrágalo-Escafoidea PI	<0.001 (0.637)	0.034 (0.375)	0.008 (0.468)	<0.001 (0.648)	0.020 (0.419)	
ALI PI	<0.001 (0.750)	0.020 (0.412)	0.001 (0.586)	0.002 (0.568)		0.004 (0.519)
Calcáneo PI	0.001 (0.593)		0.011 (0.447)	0.005 (0.510)		0.002 (0.568)
Curvatura Supra/Infra maleolar PI	0.007 (0.480)		0.008 (0.468)	0.020 (0.419)		0.035 (0.379)
ABD/ADD PI	<0.001 (0.697)		<0.001 (0.637)	<0.001 (0.696)		0.001 (0.596)
FPI total PI	<0.001 (0.842)	0.007 (0.480)	<0.001 (0.753)	<0.001 (0.858)	0.008 (0.476)	<0.001 (0.762)
Cabeza del Astrágalo PD	0.002 (0.539)			0.004 (0.519)		0.008 (0.475)
Prominencia Astrágalo-Escafoidea PD	0.008 (0.468)		0.005 (0.500)	<0.001 (0.629)		0.007 (0.487)
ALI PD	<0.001 (0.689)	0.007 (0.480)	0.011 (0.447)	0.001 (0.596)		0.013 (0.448)
Calcáneo PD	<0.001 (0.637)		0.013 (0.441)	0.001 (0.576)		0.008 (0.480)
Curvatura Supra/Infra maleolar PD	0.011 (0.447)		0.034 (0.375)	0.003 (0.539)		
ABD/ADD PD	<0.001 (0.697)	0.033 (0.378)	0.001 (0.586)	0.002 (0.562)		0.002 (0.548)
FPI total PD	<0.001 (0.853)	0.004 (0.510)	<0.001 (0.686)	<0.001 (0.872)	0.008 (0.475)	<0.001 (0.803)

* Se han eliminado aquellos resultados que indicaban ausencia de cambios estadísticamente significativos (p<0.05).PI: Pie Izquierdo; PD: Pie Derecho; ALI: Arco Longitudinal Interno; ABD: Abducción; ADD: Aducción; FPI: Índice de Postura del Pie.

como consecuencia del descenso del ALL. Los pies pronados presentan la misma tendencia que los pies neutros.

En nuestro estudio los valores de pie neutro izquierdo pasaron de 1.84 a 4.38, y el pie derecho pasó de 1.88 a 4.16, sin producir cambios en su clasificación. Los valores de los pies pronados fueron mayores en el pie derecho (de 6.87 a 9.19) que en el pie izquierdo (de 6.71 a 8.90). Podemos observar que ambos tipos de pies muestran cambios entre el momento basal y post-ejercicio estadísticamente significativos, reflejando una influencia moderada de los ítems individuales y un efecto alto sobre el FPI total, aumentando los valores absolutos hacia una tendencia a la pronación en ambos tipos de pies. En consecuencia, el tipo de ejercicio propuesto provoca modificación de los valores del FPI y de sus ítems, sin modificar la clasificación del tipo de pie, y coincidiendo con lo obtenido por Cowley y Marsden en su estudio con 30 participantes antes y después de realizar una media maratón²⁷.

El tiempo de descanso establecido fue de 15 minutos pese a no haberse encontrado en la literatura consultada el tiempo adecuado para su valoración y se consensuó siguiendo el protocolo establecido en el área de fisiología del CAMD. La relación entre el post ejercicio con el descanso, ambos grupos presentan cambios estadísticamente significativos en la mayoría de los ítems, con una magnitud del efecto pequeña. La suma de estos pequeños cambios refleja un cambio de magnitud fuerte en el FPI total. Los valores absolutos indican una tendencia hacia la recuperación de los valores iniciales. Estos resultados nos hacen pensar que los 15 minutos de descanso han sido suficientes para conseguir aproximarnos a valores basales, considerando al sujeto en estado de descansado.

Si consideramos la relación entre el momento basal y el descanso, los datos de la mayoría de ítems no son estadísticamente significativos, lo que nos lleva a pensar que el periodo de descanso ha sido suficiente, no para volver a los valores iniciales del estado basal, aunque sí para llegar a un estado similar.

Este estudio presenta como limitación la evaluación de la modificación del FPI transcurrido un único periodo de descanso. Una futura línea de investigación sería cuantificar el tiempo necesario para adoptar los valores basales del FPI.

Por todo ello, se podría concluir que el comportamiento de ambos tipos de pie es similar ante una situación de fatiga muscular, aumentando los valores numéricos hacia posiciones más pronadas, sin generar cambios en la clasificación del tipo de pie. Esto nos puede llevar a pensar que situaciones mantenidas en el tiempo o de mayor intensidad podrían implicar cambios en la clasificación de los pies neutros y de mayor tendencia a la pronación en los pronadores.

Las implicaciones prácticas de este estudio permiten indicar que la condición del pie se mantiene estable en condiciones de fatiga muscular, mostrando similares tendencias por tanto a la aparición de lesiones o de rendimiento deportivo. Se han realizado mejoras en la metodología en relación con otros estudios consultados, al minimizar la influencia de aspectos tales como la situación previa al estudio o el uso de calzado que afecte/controla los movimientos del pie.

Bibliografía

- Gómez-Campos R, Cossio-Bolaños MA, Brousett Minaya M, Fogaca-Hochmuller RT. Mecanismos implicados en la fatiga aguda. Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte. 2010;10(40):537-55.
- Papa E V, Garg H, Dibble LE. Acute effects of muscle fatigue on anticipatory and reactive postural control in older individuals: a systematic review of the evidence. J Geriatr Phys Ther. 2015;38(1):40-8.
- Barbosa TM, Chen S, Morais JE, Costa MJ, Batalha N. The changes in classical and nonlinear parameters after a maximal bout to elicit fatigue in competitive swimming. Hum Mov Sci. 2018;58:321-9.
- Ament W, Verkerke GJ. Exercise and fatigue. Sports Med. 2009;39(5):389-422.
- Urdampilleta A, Armentia I, Gómez-Zorita S, Martínez-Sanz JM, Mielgo-Ayuso J. La fatiga muscular en los deportistas: métodos físicos, nutricionales y farmacológicos para combatirla. Arch Med Deporte. 2015;32(1):36-43.
- Kitaoka HB, Luo ZP, An KN. Three-dimensional analysis of normal ankle and foot mobility. Am J Sports Med. 1997;25(2):238-42.
- de la Fuente JLM. Podología deportiva. Barcelona, Elsevier España. 2005. p 402.
- Diéguez SL, Jesús A, Sánchez L, Luisa M, Sánchez Z, Martínez-López EJ. Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. Retos Nuevas tendencias en Educ Fisic Deporte Rec. 2011;19(1):49-53.
- Di L, Berdejo-del-fresno D, Code U, Anatomy H, Classificaci E, Classification EC, et al. Original footprint modifications according to the physical activity practised. Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte. 2013;13(49):19-38.
- Cheung RT, Ng GY. Motion control shoe delays fatigue of shank muscles in runners with overpronating feet. Am J Sports Med. 2010;38(3):486-91.
- Sánchez-Rodríguez R, Martínez-Nova A, Escamilla-Martínez E, Pedrera-Zamorano JD. Can the Foot Posture Index or their individual criteria predict dynamic plantar pressures? Gait Posture. 2012;36(3):591-5.
- Martínez-Nova A, Gómez-Blázquez E, Escamilla-Martínez E, Pérez-Soriano P, Gijón-Noguerón 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(2):154-8.
- Nilstad A, Andersen TE, Bahr R, Holme I, Steffen K. Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. Am J Sports Med. 2014;42(4):940-8.
- Bosco C. Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica láctica con los test de Bosco. Apunts. Med l'Esport. 1987;24:151-6.
- Mroczek D, Maćkała K, Chmura P, Superlak E, Konefał M, Seweryniak T, et al. Effects of Plyometrics Training on Muscle Stiffness Changes in Male Volleyball Players. J Strength Cond Res. 2019;33(4):910-21.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi P V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1983;50(2):273-82.
- Fernández García JC, Beas Martínez MA, Martín Recio FJ, Reina Gómez A. Fatiga y rendimiento en la velocidad y salto. Rev Int Med Cienc Act Fisica Deporte. 2007;7(26):99-110.
- Malisoux L, Chambon N, Delattre N, Gueguen N, Urhausen A, Theisen D. Injury risk in runners using standard or motion control shoes: a randomised controlled trial with participant and assessor blinding. Br J Sports Med. 2016;50(8):481-7.
- Algaba del Castillo J, Coheña Jiménez M, Páez Tudela A, Ruiz García MR. El Índice de Postura del Pie: revisión de la literatura. Rev Andaluza Med del Deporte. 2018. In press.
- Bookstein FL, Domjanic J. The Principal Components of Adult Female Insole Shape Align Closely with Two of Its Classic Indicators. PLoS One. 2015;10(8):e0133303.
- Plumarom Y, Imjaijitt W, Chaiphrom N. Comparison between Staheli index on Harris mat footprint and Talar-first metatarsal angle for the diagnosis of flatfoot. J Med Assoc Thai. 2014;97(Suppl 2):S131-5.
- 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 (Bristol, Avon). 2006;21(1):89-98.
- Morrison SC, Ferrari J. Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. J Foot Ankle Res. 2009;2:26.
- Cain LE, Nicholson LL, Adams RD, Burns J. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. J Sci Med Sport. 2007;10(5):311-9.
- Koroponovski N, Berjan B, Bozic PR, Pazin N, Sanader A, Jovanovic S, et al. Anthropometric and physical performance profiles of elite karate kumite and kata competitors. J Hum Kinet. 2011;30:107-14.
- Angin S, Mickle KJ, Nester CJ. Contributions of foot muscles and plantar fascia morphology to foot posture. Gait Posture. 2018;61:238-42.
- 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.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Agradecimientos.** Queremos agradecer la colaboración del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD) de Sevilla y al Área Clínica de Podología de la Universidad de Sevilla por la cesión y uso de las instalaciones para la realización de las pruebas de laboratorio y de valoración necesarias para este estudio. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. **Confidencialidad:** Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. **Privacidad:** Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.