

# Análisis de la inestabilidad del pie con calzado deportivo de cámara de aire, durante la estática

## *Analysis of the instability of the foot with sport footwear or air chamber, during statics*

**María Ángeles SERRANO MORENO**

Diplomada en Podología por la EU. EFP. de la UCM.

Podóloga interna residente de la Clínica Universitaria de Podología de la UCM.

Correspondencia:

Clínica Universitaria de Podología de la UCM. Avenida de la Complutense s/n. 28040 Madrid

Fecha de recepción: 17 diciembre 2006

Fecha de aceptación: 11 de enero 2007

### **RESUMEN**

Este estudio pretende establecer la relación existente entre el abuso del calzado deportivo de cámara de aire y la producción de esguinces de tobillo en la población general, ya que se ha visto su aumento en la población escolar. Por ello, este estudio intenta determinar la estabilidad o inestabilidad de este tipo de calzado.

**PALABRAS CLAVE:** Calzado deportivo de cámara de aire, calzado deportivo, inestabilidad de tobillo, esguinces de tobillo.

### **ABSTRACT**

This study tries to establish the existing connection between the excessive using of air cushion sole trainers and the production of ankle sprains in common population, because it has been observed their increase in children population. So, this study tries to determine the instability or the stability of this kind of shoe.

**KEY WORDS:** Air cushion sole trainers, trainers, instability of ankle, ankle sprains.

## **INTRODUCCIÓN**

La estabilidad o inestabilidad del calzado es un tema de estudio recurrente, debido a la influencia del calzado en dicha estabilidad o inestabilidad en la extremidad inferior<sup>1</sup>, estando relacionado con el riesgo de caídas en ancianos por calzado inestable<sup>2,3</sup>; así como por, la disminución de la sensibilidad propioceptiva con la edad debido, principalmente, a la pérdida de la sensibilidad táctil en la superficie plantar que provoca el calzado<sup>4</sup>. El calzado también puede alterar la actividad muscular durante la marcha ya que la textura interior en el calzado refiere sensaciones sensoriales y motoras que pueden alterar dicha actividad muscular<sup>5</sup>.

En relación a la mejora de la estabilidad postural del equilibrio en el pie también se han escrito numerosos trabajos<sup>6,7,8</sup>. Así como, el uso de dispositivos plantares que realizan vibraciones, al azar, que aumenta la estabilidad en el pie<sup>9</sup>.

En el deporte se han realizado estudios que determinan que el uso de un calzado deportivo con suela gruesa y blanda es responsable de que la extremidad inferior reciba mayor cantidad de impactos verticales durante la actividad deportiva<sup>10</sup>, siendo además un calzado que proporciona inestabilidad en el pie en contraposición a mediasuelas duras que aportan estabilidad<sup>11</sup>.

En referencia al presente estudio, se ha visto el aumento de esguinces de tobillo en la población escolar, sospecho que se debe al abuso del calzado deportivo convencional, y sobre todo del calzado deportivo con suela de cámara de aire, ya que no sólo lo utilizan en la práctica deportiva –que es la finalidad para la que están diseñados, debido a la mayor amortiguación que proporcionan–, sino que extienden su uso convirtiéndolo en su calzado habitual.

Esta idea se extiende a toda la población general, ya que no sólo niños y adolescentes utilizan mayoritariamente este tipo de calzado. Por lo tanto, este estudio se realizó en población adulta, de hecho se ha visto asociado el riesgo de caídas en ancianos debido al uso de calzado deportivo<sup>3</sup>.

## OBJETIVO

Con el presente estudio pretendo objetivar, a priori, que durante la posición en bipedestación estática la mayor amortiguación que el calzado deportivo convencional aporta en el pie –y sobre todo, el calzado deportivo con suela de cámara de aire situada en su parte posterior–, con respecto a la situación de descalzo, está relacionado con el aumento de la inestabilidad en el pie, siendo mayor en el segundo tipo de calzado, que es el objetivo de este estudio.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se diseñó un estudio descriptivo en una población femenina compuesta por 7 mujeres, de edades comprendidas entre los 20 y 43 años, con un número 38 de calzado. Dicha población fue escogida al azar sin atender ni al género y ni a la patología propia que cada una de las participantes podría padecer en sus miembros inferiores.

Todas las voluntarias eran mayoritariamente consumidoras de calzado deportivo convencional, pero ninguna de las participantes, a excepción de una, había llevado anteriormente zapatillas depor-

tivas con cámara de aire. La participante que sí había usado este tipo de calzado afirmó utilizarlo de forma habitual desde cuatro años.

Se realizaron un total de 21 análisis. A cada participante se les realizaron 3 mediciones durante la bipedestación estática, en tres situaciones distintas: descalzas (*figura 1*), calzadas con zapatilla deportiva convencional y calzadas con zapatilla deportiva con suela de cámara de aire.



Figura 1

Se escogieron un par de zapatillas deportivas convencionales –de la marca comercial Puma®– (*figura 2*) y otro par de zapatillas deportivas con suela de cámara de aire en su parte posterior –de la marca comercial Nike®– (*figura 3*). Dichos calzados deportivos se eligieron por ser modelos que son utilizados mayoritariamente por la población general, sin atender a la marca comercial, empleándose el mismo calzado, en su número 38, en ambos modelos de calzado deportivo y en todas las mediciones.



Figura 2



Figura 3

Las mediciones se realizaron con un Sistema Computerizado de Análisis del Pie llamado FootChecker® en su versión 3.2.89 (figura 4). Compuesto por una plataforma de 5 mm de espesor y dotado de 2.304 sensores de presión. Este sistema de análisis se completa con un Software específico de bases de datos y captura de análisis en estática y dinámica. Concretamente, para la realización de este estudio, se empleó este Sistema de Análisis para cuantificar análisis en situación de bipedestación durante la estática.



Figura 4

Para que la recogida de datos por el sistema de análisis fuese correcta se indicó a cada participante que se dirigiese caminado hacia la plataforma de manera normalizada, y que una vez que hubiese entrado con el pie derecho, colocase a su vez el pie izquierdo sobre la plataforma –al lado del pie contralateral– quedando en

posición de bipedestación estática cómoda, erguida, mirando hacia el frente y con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo, conservando dicha posición sin moverse durante 20 segundos, tiempo necesario para que el sistema capturase los datos.

En cada análisis se obtuvo la siguiente información con respecto al centro de cargas del baricentro de pie izquierdo, baricentro corporal y baricentro de pie derecho, por separado, durante la fase de apoyo completo de la marcha: *superficie de apoyo total* (cm<sup>2</sup>), *presión media* (kPa) y *oscilación de la superficie de apoyo* (%), en cada pie durante el apoyo completo.

## RESULTADOS

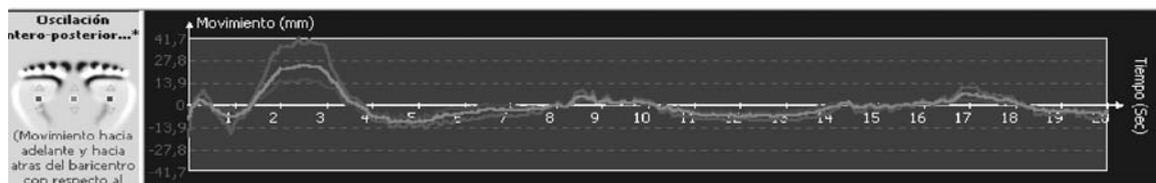
El *cuadro 1* muestra la oscilación de los diferentes centros de cargas, que de izquierda a derecha corresponden al recorrido del baricentro del pie izquierdo (rojo), baricentro corporal (verde) y baricentro de pie derecho (azul), y de arriba abajo recoge las tres situaciones de medida: descalza, calzada con la zapatilla deportiva convencional –estas dos medidas corresponderían a una misma voluntaria, llamémosla “A”–, y calzada con la zapatilla deportiva con suela de cámara de aire –en otra participante, llamémosla “B”–.

En este esquema se muestra el recorrido total de los diferentes ejes de cargas, es decir, los movimientos de oscilación en sentido anterior, posterior, medial y lateral (cm<sup>2</sup>). Esta oscilación es debida a que la posición en bipedestación estática, no es pura, no es posible, ya que el centro de cargas está constantemente oscilando en el tiempo debido a la acción de los músculos gravitatorios que dan como resultado los movimientos de co-contracción, causantes de la oscilación en dirección antero-posterior y medio-lateral.

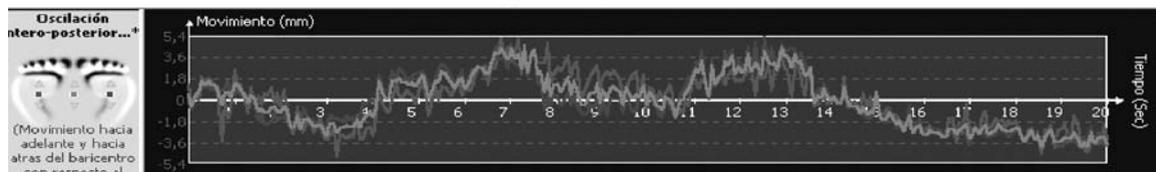
Podemos desglosar las mediciones anteriores en las gráficas expuestas en el *cuadro 2* y *cuadro 3*.

En el *cuadro 2* las gráficas muestran la oscilación en dirección medio-lateral de la superficie de apoyo del baricentro del pie izquierdo (rojo), baricentro corporal (verde) y baricentro del pie derecho (azul) en función del tiempo (sg) y del espacio (mm).

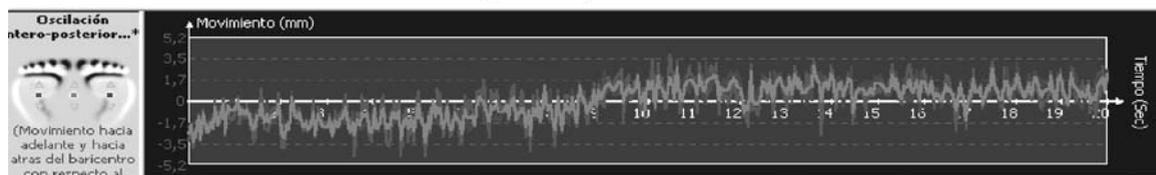
Descalzo



Calzado con zapatilla deportiva convencional



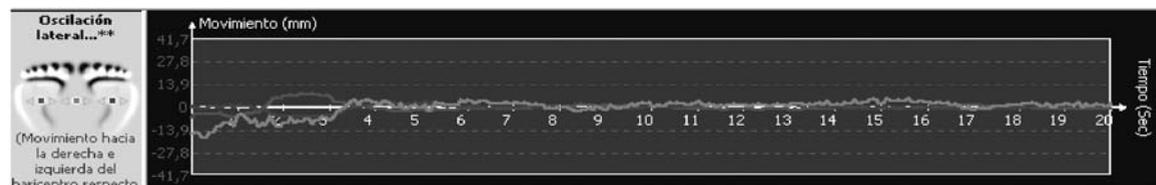
Calzado con zapatilla deportiva de cámara de aire



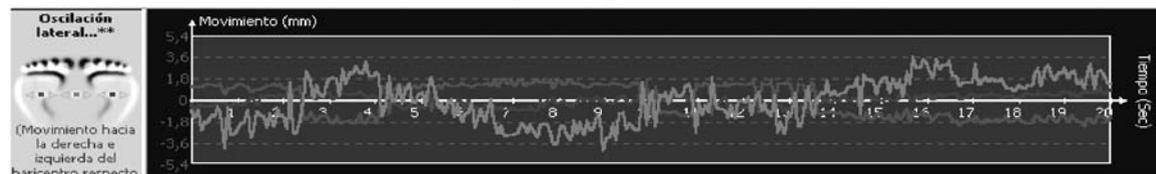
Cuadro 1. ESTABILOMETRÍA: Oscilación de la SUPERFICIE DE APOYO de la superficie de apoyo del baricentro de pie izquierdo (rojo), del baricentro corporal (verde) y del baricentro de pie derecho (azul) –de izquierda a derecha–.

De arriba abajo: participante “A” –las dos primeras gráficas– y participante “B” –la última gráfica–.

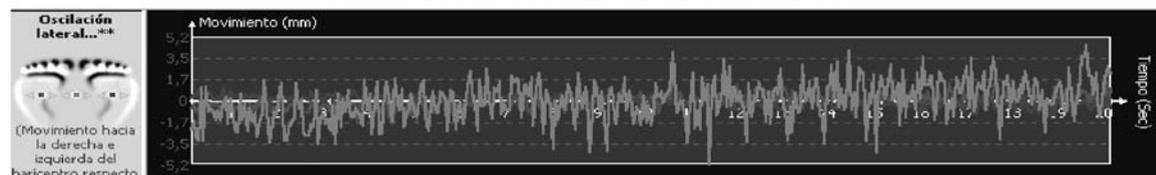
Descalzo



Calzado con zapatilla deportiva convencional

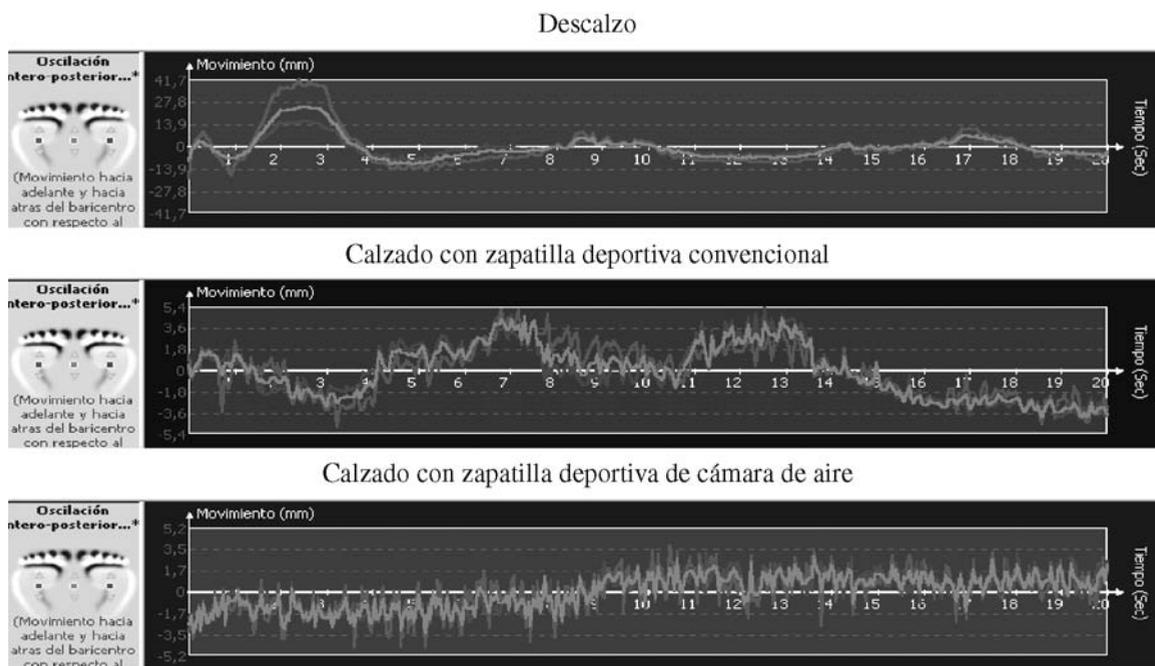


Calzado con zapatilla deportiva de cámara de aire



Cuadro 2. ESTABILOMETRÍA: Oscilación de MEDIO-LATERAL de la superficie apoyo del baricentro de pie izquierdo (rojo), del baricentro corporal (verde) y del baricentro de pie derecho (azul).

De arriba abajo: participante “A” –las dos primeras gráficas– y participante “B” –la última gráfica–.



**Cuadro 3. ESTABILOMETRÍA: Oscilación ANTERO-POSTERIOR**  
 de la superficie de apoyo del baricentro de pie izquierdo (rojo), del baricentro corporal (verde)  
 y del baricentro pie derecho (azul).  
 De arriba abajo: participante "A" –las dos primeras gráficas– y participante "B" –la última gráfica–.

Al igual que en el *cuadro 1* las dos primeras gráficas corresponden a la misma participante "A", y la última gráfica a la voluntaria "B". Se aprecia como la oscilación en dirección medio-lateral es mayor con el calzado deportivo convencional frente a la situación de descalzo, y sobre todo, con el calzado deportivo con suela de cámara de aire –siendo muchísimo mayor frente a las situaciones de descalzo y calzada con zapatilla deportiva convencional–.

La apreciación anterior es asimismo significativa si estudiamos, en el *cuadro 3*, la oscilación de la superficie de apoyo en dirección antero-posterior en el recorrido de los tres baricentros. Se evidencia que dicha oscilación en dirección antero-posterior sigue siendo muchísimo mayor calzada con zapatilla deportiva con suela de cámara de aire frente a la situación de descalzo, pero no hay tanta diferencia con el calzado deportivo convencional, como en el caso de la oscilación en dirección medio-lateral.

Por lo que, la inestabilidad de la ASA es notablemente mayor en dirección mediolateral del eje de cargas del pie –que en dirección anteroposterior–, con la zapatilla deportiva con suela de

cámara de aire –en la parte posterior de la suela– frente a la situación de descalzo.

Del Sistema de Análisis Computerizado del Pie se obtuvieron los siguientes datos:

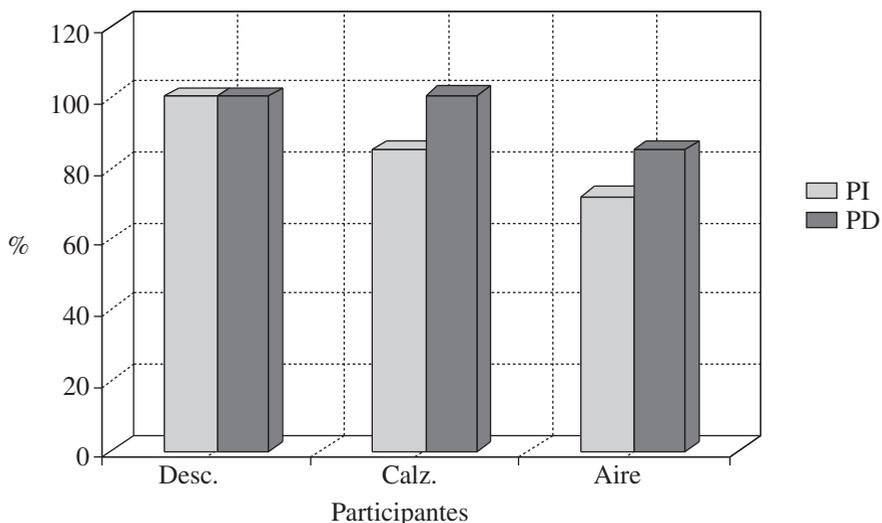
- En el pie izquierdo, en la situación de *descalzo* la superficie de apoyo es de 38,14 cm<sup>2</sup>, la presión media es de 12,36 KPa, la superficie de oscilación del centro de carga es de 3,53%, con la *zapatilla deportiva convencional* la superficie de apoyo disminuye mucho (14,98%), la presión media disminuye (3,82%) y la superficie de oscilación del centro de carga disminuye (1,72%), y con la *zapatilla deportiva de cámara de aire* la superficie de apoyo disminuye muchísimo (28,09%), la presión media aumenta mucho (14,10%) y la superficie de oscilación del centro de carga aumenta muchísimo (33,21%).
- En el pie derecho, en la situación de *descalzo* la superficie de apoyo es de 35,71 cm<sup>2</sup>, la presión media es de 12,17 KPa, la superficie de oscilación del centro de carga es un 2,69%, con la *zapatilla deportiva convencional* la superficie de apoyo aumenta un poco

(0,40%), la presión media aumenta mucho (19,60%) y la superficie de oscilación del centro de carga aumenta un poco (2,84%), y con la *zapatilla deportiva de cámara de aire* la superficie de apoyo disminuye mucho (14,80%), la presión media aumenta mucho (15,85%) y la superficie de oscilación del centro de carga aumenta mucho (14,28%).

Para ello véase los *gráficos 1-3*.

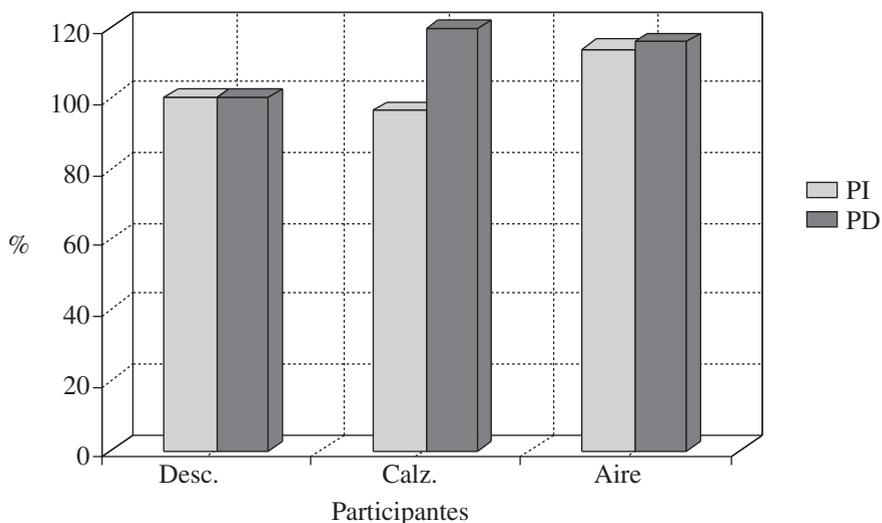
En el *gráfico 1* se representa la disminución de la superficie de apoyo (cm<sup>2</sup>) de pie izquierdo y derecho. Los resultados están comparados con el 100%, que correspondería a la situación de descalzo, apreciándose cómo la superficie de apoyo va a ir disminuyendo, siendo mucho menor con calzado deportivo con suela de

**Disminución de la SUPERFICIE DE APOYO de pie izquierdo y pie derecho**



*Gráfico 1. La superficie de apoyo disminuye a medida que aumenta la amortiguación en el pie con el calzado deportivo.*

**Aumento de la PRESIÓN MEDIA en el apoyo de pie izquierdo y pie derecho**



*Gráfico 2. La presión media aumenta a medida que aumenta la amortiguación en el pie con el calzado deportivo.*

**Aumento de la OSCILACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO de pie izquierdo y pie derecho**

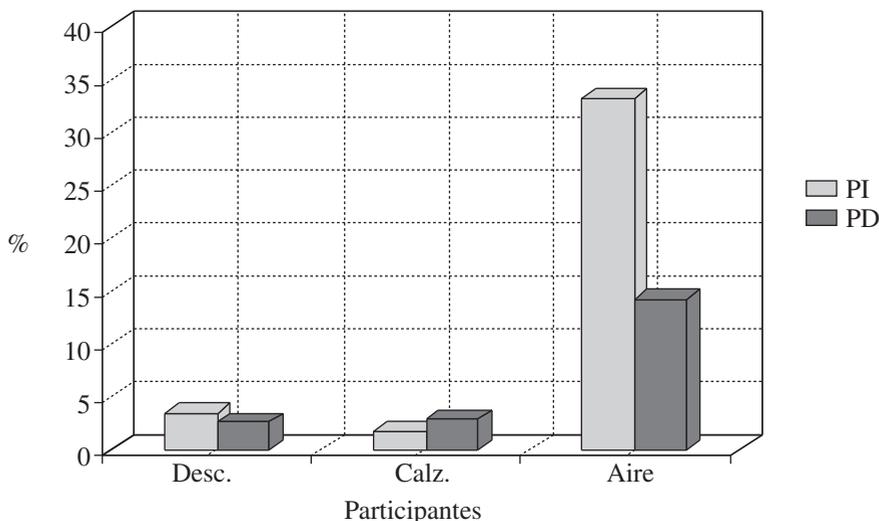


Gráfico 3. La oscilación de la superficie de apoyo aumenta considerablemente con el aumento de la amortiguación que el calzado deportivo de cámara de aire proporciona en el pie.

cámara de aire que con calzado deportivo convencional. La superficie de apoyo será menor cuanto mayor sea la amortiguación que proporcione el calzado deportivo. Y en este caso es bien sabido que el calzado deportivo de cámara de aire aporta mayor capacidad de amortiguación.

En el gráfico 2 se pone de manifiesto el aumento de la presión media (Kpa) en el apoyo de ambos pies por separado, esto es consecuencia de que un mismo peso ha de ser soportado en una superficie de apoyo menor, por efecto de una mayor amortiguación, por lo tanto, la presión media por cm<sup>2</sup> va a ser mayor.

**MEDIA de la oscilación de la superficie de apoyo de pie izquierdo y pie derecho**

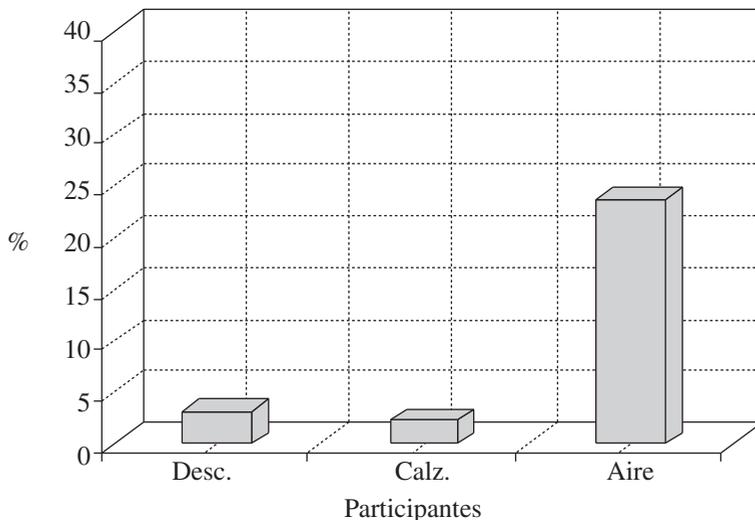


Gráfico 4. La media de oscilación de la superficie de apoyo, entre pie derecho y pie izquierdo, aumenta considerablemente con el calzado deportivo de cámara de aire.

OSCILACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO DE PIE IZQUIERDO Y PIE DERECHO			
PARÁMETROS ESTIMADOS:	Descalza	Calzada deportivo convencional	Calzada deportivo de cámara de aire
<b>Pie izquierdo</b>	3,53258%	1,71982%	33,20885%
VARIANZA	6,6	0,27	239,6
<b>Pie derecho</b>	2,69160%	2,84303%	14,27981%
VARIANZA	1,47	2,96	54,28
<b>MEDIA</b>	<b>3,11209%</b>	<b>2,28143%</b>	<b>23,74433%</b>

*Tabla 1. Al hallar la media de la superficie de oscilación en pie derecho y pie izquierdo se evidencia que aumenta mucho con el calzado deportivo de cámara de aire. El que la media con calzado deportivo convencional sea menor comparado con la situación de descalzo puede deberse, por ejemplo, a parámetros como la patología propia de cada participante ya que no se ha tenido en cuenta para la inclusión o exclusión de las voluntarias.*

Por último, en el gráfico 3, se evidencia el incremento en la oscilación de la superficie de apoyo (%) de pie izquierdo y pie derecho. Aumenta, un poco, en pie derecho, y disminuye, un poco, en pie izquierdo con calzado deportivo convencional con respecto a la situación de descalzo –la disminución en pie izquierdo podría deberse, como ya he dicho antes, a que no se tomaron en cuenta parámetros como la posible patología previa que podían presentar cada una de las participantes–. Nótese, sin embargo, cómo aumenta la oscilación de la superficie de apoyo, considerable y significativamente, con el calzado deportivo de cámara de aire, frente a las situaciones de descalzo y calzado con deportivo convencional.

Para el análisis estadístico de los datos se ha utilizado el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV para Windows.

El análisis estadístico del porcentaje de oscilación en dirección medio-lateral del pie se cuantifica mediante el “contraste de proporciones”, siendo  $\alpha = 0,1$  correspondiente a un nivel de confianza del 90%. Con los tamaños muestrales dados (tabla 1) la diferencia es significativa a partir del 14%.

Entre la situación de descalzo (3,11%) y calzado con deportivo convencional (2,28%) no hay diferencia significativa. Sin embargo, si hay diferencia significativa entre calzado deportivo de cámara de aire (23,74%) frente a las dos situaciones anteriores, esto viene a decir que hay evidencia estadística para decir que son distintos.

Véase el gráfico 4 de la representación gráfica de las medias obtenidas en la tabla 1.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio aparecen datos atípicos con el calzado deportivo convencional, frente a las situaciones de descalzo y calzado con deportivo de cámara de aire: aumenta, un poco, la superficie de apoyo en pie derecho, descienden, un poco, la presión media y la oscilación de la superficie de apoyo en pie izquierdo, debido, posiblemente al posible factor patológico individual que no ha sido tenido en cuenta a la hora de la elección de la población de estudio.

Existe una relación inversa entre la superficie de apoyo y la amortiguación, ya que si  $P = F / S$ , entonces  $S = F / P$ , como  $F = \text{cte} = \text{Peso de la persona}$ , por lo que, la superficie de apoyo ( $S$ ) será menor cuanto mayor sea la amortiguación –relacionada con la presión media ( $P$ )– que proporcione el calzado deportivo frente a la situación de descalzo. Por lo tanto, la superficie de apoyo ( $\text{cm}^2$ ) y la presión media (KPa), son magnitudes inversamente proporcionales. A medida que aumente la amortiguación el peso se concentrará en una superficie de apoyo menor, por lo que, la presión media por  $\text{cm}^2$  de apoyo será mayor, es decir, la presión media aumentará.

## CONCLUSIÓN

Por efecto de la amortiguación durante la posición en bipedestación estática con el uso del calzado deportivo con suela de cámara de aire –en su parte posterior– aumentan, los movimien-

tos de oscilación de la superficie de apoyo en dirección antero-posterior, y sobre todo, medio-lateral en el pie, frente a la situación de descalzo, haciendo que aumente considerablemente la inestabilidad durante dicha situación en bipedestación estática.

Hay que concienciar a la población general del uso racional y adecuado de cada tipo de calzado, en todas sus variantes: urbano, para actividades al aire libre, deportivo, técnico laboral, doméstico o infantil, debido a que cada uno presentará determinadas características que indicarán su uso. Por ello, a razón de los resultados del presente estudio ha de acotarse el uso del calzado deportivo a la

práctica deportiva, ya que la actividad desempeñada requiere una mayor amortiguación que en el resto de las actividades cotidianas. Y sobre todo, en el caso del calzado deportivo de cámara de aire –objetivo de este estudio–, que debe ser empleado sólo en aquellos deportes que requieran de una mayor amortiguación que la proporcionada por otros calzados deportivos convencionales.

Ante los resultados del presente estudio he de decir que mi trabajo constituye un estudio preliminar, ya que sólo se consigue el planteamiento de una hipótesis mostrando indicios que justifican su estudio posterior, en el que se introducirán nuevas variables, en una población más amplia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Nigg B, Hintzen S, Ferber R. Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon). 2006;21(1):82-8.
2. Tencer AF, Koepsell TD, Wolf ME, Frankenfeld CL, Buchner DM, Kukull WA, LaCroix AZ, Larson EB, Tutvydas M. Biomechanical properties of shoes and risk of falls in older adults. *Journal of the american geriatrics society*. 2004. 52(11):1840-6.
3. Koepsell TD, Wolf ME, Buchner DM, Kukull WA, LaCroix AZ, Tencer AF, Frankenfeld CL, Tutvydas M, Larson EB. Footwear style and risk of falls in older adults. *Journal of the american geriatrics society*. 2004. 52(9):1495-501.
4. Robbins S, Waked E, McClaran J. Proprioception and stability: foot position awareness as a function of age and footwear. *Age and Ageing*. 1995. 24 (1):67-72.
5. Nurse MA, Hulliger M, Wakeling JM, Nigg BM, Stefanyshyn DJ. Changing the texture of footwear can alter gait patterns. *Journal of electromyography and kinesiology*. 2005. 15(5):496-506.
6. Magnusson M, Enbom H, Johansson R, Pyykkö. Significance of pressor input from the human feet in anterior-posterior postural control. *Acta Otolaryngol Stockh*. 1990; 110: 182-188.
7. You SH, Granata KP, Bunker LK. Effects of circumferential ankle pressure on ankle proprioception, stiffness, and postural stability: a preliminary investigation. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2004. 34(8):449-60.
8. Shapiro MS, Kapo JM, Mitchell PW, Loren G, Tsenter M. Ankle sprain prophylaxis: an analysis of the stabilizing effects of braces and tape. *American journal of sports medicine*. 1994. 22(1):78-82.
9. Priplata AA, Niemi JB, Harry JD, Lipsitz LA, Collins JJ. Vibrating insoles and balance control in elderly people. *The Lancet*. 2003. 4;362(9390):1123-4.
10. Robbins S, Waked E. Balance and vertical impact in sports: role of shoe materials. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1997. 78(5):463-7.
11. Robbins S, Waked E, Gouw GJ, McClaran J. Athletic footwear affects balance in men. *British journal of sports medicine*. 1994. 28(2):117-22.