

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto agudo del uso de zapatos de tacón sobre la cinética del tobillo

Acute effect of wearing high heels on the kinetics ankle

O. D. Valencia^a; F. J. De Petris^a; N. S. Weisser^a; F. H. Palma^a; R. Guzmán-Venegas^a

^a Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo, Universidad de Los Andes, Chile

Autor para Correspondencia: Oscar Valencia C. Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo, Mons. Álvaro del Portillo 12.455, Las Condes, Santiago, Chile. E-mail: ovalencia@uandes.cl, Teléfono: (56-2) 26182112

Recibido el 29 de junio de 2016 / Aceptado el 25 de julio de 2016

Resumen

El uso de zapatos de tacón alto en mujeres jóvenes se hace cada vez más frecuente y precoz, generando diversas patologías musculoesqueléticas. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto agudo del uso de zapatos de tacón alto sobre las FRA del tobillo durante la marcha en mujeres jóvenes no adaptadas. Mediante un ensayo clínico no aleatorizado, se evaluaron 22 mujeres entre 18 y 25 años. Se registró y analizó la marcha en tres condiciones: descalzado, con zapatos de tacón de 4cm y 8cm de altura. Los datos de fuerza de reacción articular fueron obtenidos a través de un método de dinámica inversa. Se compararon las tres condiciones mediante las pruebas de ANOVA (una vía) o Friedman, más un post-test de Bonferroni o Dunn's. Existen diferencias significativas sobre la fuerza de reacción articular en la dirección anterior, posterior, medial ($p < 0.0001$) y lateral ($p = 0.0018$), entre las condiciones, las cuales aumentan con el taco de 8cm de altura. Por el contrario, no se observaron

diferencias en el componente vertical. En conclusión el tacón de 8cm de altura genera una mayor fuerza de reacción articular en la dirección anterior y medial en mujeres jóvenes no adaptadas.

Palabras claves: *Fuerza de reacción articular, marcha, zapato de tacón alto.*

Abstract

The use of high heels in young women is becoming more frequent and early time, generating various musculoskeletal diseases. The aim of this study was to determine the acute effect of wearing high heels on FRA ankle during gait in young women not adapted. Through a non-randomized clinical trial, 22 women between 18 and 25 years were evaluated. It was recorded and analyzed the progress on three conditions: barefoot, high heels 4cm and 8cm high. The reaction force data were obtained joint through inverse dynamics method. The three conditions were compared using ANOVA tests (one way) or Friedman, plus

a post-test Bonferroni or Dunn's. There are significant differences on the joint reaction force in the anterior, posterior, medial ($p < 0.0001$) and lateral ($p = 0.0018$), between the conditions, which increase with the heel of 8 cm in height. By contrast, no difference in the vertical component were observed. In conclusion, the heel height 8cm generates greater joint reaction force in the anterior and medial direction in young women not adapted.

Keywords: *Joint reaction force, gait, high heeled shoes.*

Introducción

Existe una alta frecuencia del uso de calzado con tacón alto (TA) en la población femenina (1). Tendencia que ha aumentado en la última década, generando el uso a temprana edad, sin certeza de los efectos que podría generar. Esto ha creado un alto riesgo relacionado con accidentes ocupacionales. Así lo ha informado la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), indicando un 23% de accidentalidad anual en mujeres durante sus trayectos laborales. En otros países como Estados Unidos se ha reportado una tasa de 7.32 por 100,000 mujeres con alguna lesión producto del uso de zapatos de tacón, generando 123,355 atenciones en servicios de urgencia durante los años 2002 y 2012 (1). Diferentes estudios han descrito que utilizar frecuentemente un calzado con TA genera alteraciones morfo-funcionales de los segmentos pierna y pie, afectando principalmente a la articulación del tobillo (2-4). Desde un punto de vista clínico, las patologías asociadas a un uso excesivo de este tipo de calzado son identificadas como: esguince de tobillo (5), varo en retropié (6), hallux valgus (7), acortamiento de musculatura posterior de pierna (5), inflamación del tendón de Aquiles (5), entre otros. Además, se ha determinado

que el uso de zapatos de TA predispone al desarrollo progresivo de enfermedades degenerativas como la artrosis (8,9). Hasta el momento las investigaciones se han enfocado en el estudio de mujeres adaptadas al uso de zapatos de tacón alto, donde se han encontrado variaciones en el comportamiento cinemático, uno de ellos corresponde a la disminución del rango de movimiento articular del tobillo (10,11). Esto también afecta las fuerzas externas desarrolladas por el contacto del tacón sobre el suelo, generando cambios significativos sobre el torque inversor y plantiflexor del tobillo (12). Otro componente asociado a fuerzas internas durante tareas funcionales como la marcha, corresponde a la fuerza de reacción articular (FRA), la cual en diversos estudios se ha calculado gracias a un método de dinámica inversa (13,14). En algunos casos, esta FRA se ve modificada por el uso de elementos externos como zapatos de tacón alto, generando un aumento de estrés mecánico sobre algunas estructuras anatómicas, tales como: cartílago, tendones, ligamentos, tejido óseo, musculatura y fascia. Hasta el momento no se han reportado estudios que describan el comportamiento de la FRA, en mujeres jóvenes que inician el uso de calzado de tacón alto. Según lo planteado anteriormente, el objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto agudo del uso de zapatos de tacón alto sobre las FRA del tobillo durante la marcha en mujeres jóvenes no adaptadas.

Material y método

Mediante un estudio analítico, ensayo clínico no aleatorizado, se evaluaron 22 mujeres jóvenes (edad= 21.45 ± 1.77 años; masa= 55.91 ± 6.35 kg; estatura= 1.6 ± 0.05 m; miembro inferior dominante= 18 diestras y 4 zurdas). Todas las participantes firmaron previamente un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de

Medicina, Universidad de los Andes. Todas las evaluaciones se desarrollaron en el Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo (LIBFE). Se excluyeron aquellas mujeres que utilizaron frecuentemente (5) zapatos de tacón alto (más de 10 horas semanales), con un índice de masa corporal (IMC) superior a 25 kg/m² o menor 18.5 kg/m² (15), con presencia de alteraciones musculoesqueléticas, neurológicas y dismetrías de miembros inferiores. Todos los procedimientos de este estudio fueron desarrollados según el consenso de Helsinki de 1975.

Protocolo de evaluación

Se evaluó la marcha con un sistema de análisis del movimiento en 3D, constituido por ocho cámaras infrarrojas (T-Serie; Vicon Motion Systems, Oxford, UK), capturando el movimiento con una frecuencia de 100 cuadros por segundo. Adicionalmente, se sincronizaron tres plataformas (Bertec, FP4060-05-PT-1000, USA), las que capturaron la fuerza de reacción del piso a una frecuencia de 1,000Hz. Se utilizaron 16 marcadores reflectantes de 14mm de diámetro, ubicados en puntos anatómicos del cuerpo, según un modelo de marcha humana “*plug-in Gait*” (16). Posteriormente, cada persona caminó a una velocidad autoseleccionada, bajo tres condiciones: descalzo, con el uso de zapatos de tacón alto de 4cm u 8cm de altura (área de base del tacón= 16cm²). Una vez ubicados los marcadores, se registraron tres repeticiones para cada condición, estas fueron capturadas utilizando el software Nexus 1.8.3 (Vicon Motion System, UK) y almacenadas para su posterior análisis.

Procesamiento de datos

Se calculó la fuerza de reacción articular generada por el tobillo del miembro inferior dominante, mediante un método

de dinámica inversa (13), usando un software de análisis biomecánico (Polygon 4.1, Vicon Motion Systems, UK). Dicha fuerza fue calculada en una ventana de análisis correspondiente al 50% inicial de la fase de apoyo, definida también como región de impacto (17). Se consideraron los valores máximos de la fuerza de reacción articular, en la dirección antero-posterior, medio-lateral y vertical. Todas las variables mencionadas fueron ajustadas a la masa de cada persona.

Análisis estadístico

Para determinar si las variables evaluadas cumplieron con el supuesto de distribución normal, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk. Posteriormente se aplicó la prueba estadística de ANOVA de una vía o Friedman con un post-test de Bonferroni o Dunn's, respectivamente y según la distribución de las variables a contrastar. Se compararon tres condiciones: marcha descalzo, con zapatos de tacón de 4cm y de 8cm de altura. Todos los análisis estadísticos se desarrollaron con el software GraphPad Prism (versión 6.01), usando un nivel de significancia estadística del 95% y a dos colas. Las diferencias estadísticamente significativas fueron consideradas con un valor-p menor a 0.05.

Resultados

Al comparar las fuerzas de reacción articular (FRA) del tobillo en las tres condiciones evaluadas durante la marcha (descalzo, zapatos de tacón de 4cm y de 8cm de altura), se encontraron diferencias significativas en las direcciones antero y posterior (ambas con un $p < 0.0001$). Lo mismo fue observado para las direcciones medial y lateral ($p < 0.0001$; $p = 0.0018$, respectivamente). Para FRA vertical no se observaron diferencias significativas. Según el análisis de los post-test aplicados, se observa que la mayor

Efecto agudo del uso de zapatos de tacón sobre la cinética del tobillo

diferencia se encuentra entre la marcha descalzo y el uso de zapatos de tacón de 8 cm de altura (ver Figura I). Según la comparación anterior se puede mencionar que la FRA posterior (descalzo= 1.15N/kg, tacón de 8cm= 0.26N/kg) y lateral (descalzo= 0.89N/kg, tacón de 8cm= 0.15N/kg) disminuyen significativamente. Por el contrario la FRA anterior (descalzo= 1.54N/kg, tacón de 8cm= 5.44N/kg) y medial (descalzo=

0.45N/kg, tacón de 8cm= 0.98N/kg) generan un aumento con el uso de zapatos de tacón de 8cm de altura (ver figura I). Se destaca además una diferencia significativa entre la marcha descalzo y el uso de tacón de 4cm de altura, observado sólo en la FRA anterior, la cual aumenta (descalzo= 1.54N/kg, tacón de 4cm= 2.98N/kg).

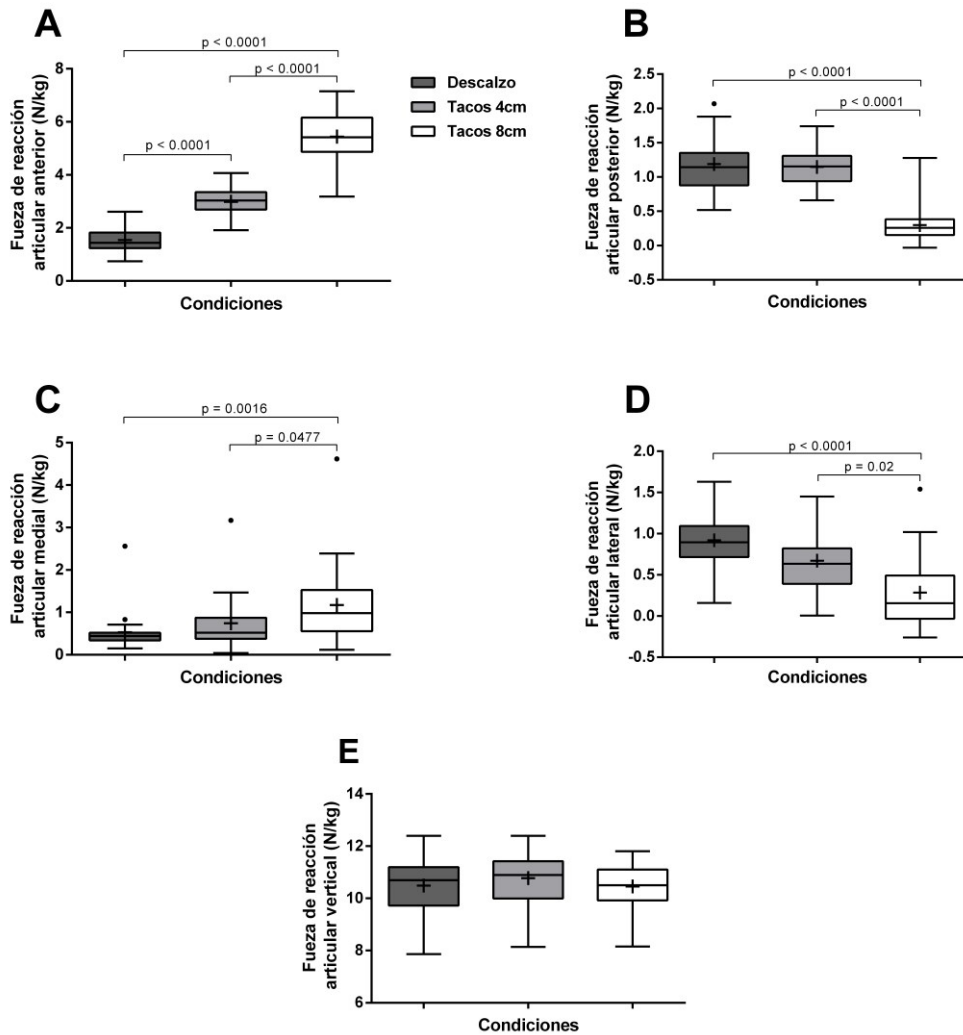


Figura I: Muestra el comportamiento de las fuerzas de reacción articular del tobillo normalizadas a la masa de cada persona (n=22), en las direcciones anterior (A), posterior (B), medial (C), lateral (D) y vertical (E). Las diferencias significativas se indican con un valor p, correspondiente a la marcha entre condiciones (descalzo, con taco de 4cm y 8cm de altura).

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto agudo **del uso de zapatos de tacón alto** sobre las FRA del tobillo durante la marcha, en mujeres jóvenes no adaptadas. Según los resultados, existen cambios significativos sobre la FRA antero-posterior y medio-lateral, con el uso de tacón de 8cm de altura, en comparación a una marcha descalza. Adicionalmente se puede mencionar que el aumento de la altura del tacón a 4cm no genera grandes cambios agudos sobre la FRA del tobillo, excepto en la dirección anterior. Esto podría indicar que el aumento progresivo de la altura del tacón, incrementa paulatinamente los efectos sobre la FRA, siendo más evidentes con el uso de un zapato de tacón que supere los 4cm de altura. Otros estudios también han reportado cambios significativos cuando el tacón supera los 5, 5.08 y 7.6cm de altura, aunque no directamente sobre la FRA, sino en otras variables como rangos de movimiento, fuerza de reacción del piso, torques, entre otros (2, 11, 12).

Estas modificaciones sobre la FRA durante la marcha podrían estar relacionadas con variables ya estudiadas como la fuerza de reacción del piso (FRP), la cual es responsable de generar un efecto directo sobre las articulaciones del miembro inferior, comenzando con el tobillo (12,18). Según lo anterior, los hallazgos reportados por Ebbeling et al. (1994) describen modificaciones de la FRP en la dirección anterior, posterior y vertical con el uso de tacón alto (2). Esto podría vincularse a los efectos generados sobre la FRA anterior y posterior observados en el presente estudio. Sin embargo, no podrían justificar los hallazgos encontrados en la dirección vertical, la cual no reflejó modificaciones con el uso de tacón alto.

Al considerar la marcha descalza como condición control, se observa que la

magnitud de la FRA anterior aumenta 3.5 veces, con el uso de tacón de 8cm de altura, mientras que la FRA posterior disminuye 4.4 veces. Lo anterior podría justificarse directamente por la posición adquirida en plantiflexión a nivel del tobillo (5), causada por el uso de zapato de tacón alto, lo cual ha reportado modificaciones estructurales en mujeres adaptadas como metatarsalgia, acortamiento del tríceps sural, hallux valgus, deformidad de "Haglund", etc. (2, 5, 7). Otro de los efectos que podría generar esta FRA anterior, es la creación de una cizalla tibio-fibular anterior durante la fase de apoyo en la marcha, solicitando posiblemente la labor de tejido periarticular del tobillo.

Por otro lado, la FRA medial también aumenta, siendo 2.2 veces mayor al utilizar un tacón de 8cm de altura, mientras que la dirección lateral disminuye 5.9 veces, en comparación a una marcha descalza. Lo anterior podría estar indicando la generación de una cizalla tibio-fibular hacia la región medial del pie. Esto contribuiría tal vez con lo reportado por Barkema et al., quienes describen un desplazamiento lateral del centro articular del tobillo en el plano frontal, generando una mayor inversión durante la fase de apoyo en la marcha, aumentado además el riesgo de generar una lesión, al usar un tacón de 9cm de altura (11).

El uso de tacón a pesar de que modificó los componentes de la FRA en los sentidos anterior-posterior y medio-lateral, no mostró un efecto sobre la FRA vertical. Dicho componente es el que comparativamente describe una mayor magnitud, esto está dado por la fuerte influencia que genera el campo gravitacional y el peso corporal. Esta misma razón podría causar la ausencia de un efecto sobre la FRA vertical, dado que la magnitud generada por el uso de tacón, no implicaría una modificación de dicho componente.

En la actualidad, existe evidencia de las modificaciones estructurales que sufre el pie con el uso de zapatos de tacón alto. Sin embargo, se necesitan más estudios que caractericen los efectos que podría ocasionar este calzado en mujeres no adaptadas. Por otro lado, los datos analizados en el presente estudio solo reportan información de las posibles consecuencias generadas en la articulación del tobillo con el uso de este calzado. Se sugiere que futuras investigaciones indaguen en la FRA de rodilla, cadera y columna, considerando posibles compensaciones que caractericen a esta población de mujeres jóvenes.

Conclusión

Para la muestra estudiada, el uso de zapatos de tacón de 8cm de altura generó un efecto agudo sobre la fuerza de reacción articular, aumentando su magnitud en la dirección anterior y medial durante la marcha.

Bibliografía

- (1) Moore JX, Lambert B, Jenkins GP, McGwin G, Jr. Epidemiology of High-Heel Shoe Injuries in U.S. Women: 2002 to 2012. *J Foot Ankle Surg* 2015 Jul-Aug;54(4):615-619.
- (2) Ebbeling CJ, Hamill J, Crussemeyer JA. Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994 Apr;19(4):190-196.
- (3) Chien HL, Lu TW, Liu MW. Control of the motion of the body's center of mass in relation to the center of pressure during high-heeled gait. *Gait Posture* 2013 Jul;38(3):391-396.
- (4) Gefen A, Megido-Ravid M, Itzchak Y, Arcan M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture* 2002 Feb;15(1):56-63.

- (5) Cronin NJ, Barrett RS, Carty CP. Long-term use of high-heeled shoes alters the neuromechanics of human walking. *J Appl Physiol* (1985) 2012 Mar;112(6):1054-1058.

- (6) Pezzan PA, Sacco IC, João S. Foot posture and classification of the plantar arch among adolescent wearers and non-wearers of high-heeled shoes. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2009;13(5):398-404.

- (7) Valdés AJT, Rodríguez MCQ, Delgado EM. Factores de riesgo asociados al hallux valgus. Risk factors associated to hallux valgus. *MEDICIEGO* 2011;17(Supl 2).

- (8) Kerrigan DC, Riley PO, Nieto TJ, Della Croce U. Knee joint torques: a comparison between women and men during barefoot walking. *Arch Phys Med Rehabil* 2000 Sep;81(9):1162-1165.

- (9) Kerrigan DC, Johansson JL, Bryant MG, Boxer JA, Della Croce U, Riley PO. Moderate-heeled shoes and knee joint torques relevant to the development and progression of knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2005 May;86(5):871-875.

- (10) Mika A, Oleksy L, Mika P, Marchewka A, Clark BC. The influence of heel height on lower extremity kinematics and leg muscle activity during gait in young and middle-aged women. *Gait Posture* 2012 Apr;35(4):677-680.

- (11) Barkema DD, Derrick TR, Martin PE. Heel height affects lower extremity frontal plane joint moments during walking. *Gait Posture* 2012 Mar;35(3):483-488.

- (12) Cronin NJ. The effects of high heeled shoes on female gait: a review. *J Electromyogr Kinesiol* 2014 Apr;24(2):258-263.

Efecto agudo del uso de zapatos de tacón sobre la cinética del tobillo

(13) Salehi H, Ren L, Howard D. A fast inverse dynamics model of walking for use in optimisation studies. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2016:1-9.

(14) Alkjaer T, Simonsen EB, Dyhre-Poulsen P. Comparison of inverse dynamics calculated by two-and three-dimensional models during walking. *Gait Posture* 2001;13(2):73-77.

(15) World Health Organization. BMI classification. Global database on body mass index. Available at apps.who.int/bmi/index.jsp 2006.

(16) Davis RB, Ounpuu S, Tyburski D, Gage JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Human movement science* 1991;10(5):575-587.

(17) Perry J, Burnfield JM, Cabico LM. *Gait analysis: normal and pathological function*. : Slack Thorofare, NJ; 1992.

(18) Barton CJ, Coyle JA, Tinley P. The effect of heel lifts on trunk muscle activation during gait: a study of young healthy females. *J Electromyogr Kinesiol* 2009 Aug;19(4):598-606.

Para Citar este Artículo:

Valencia, O. D.; De Petris, F. J.; Weisser, N. S.; Palma, F. H. y Guzmán-Venegas, R. Efecto agudo del uso de zapatos de tacón sobre la cinética del tobillo. *Arch. Soc. Chil. Med. Deporte*. Vol. 61. Num. 1, Enero-Junio (2016), ISSN 0719-7322, pp. 59-65.

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de la **Revista Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte**.