



REPRODUCIBILIDAD DE LAS VARIABLES ESPACIO-TEMPORALES Y DE LAS COMPONENTES DE LA FUERZA DE REACCIÓN DEL SUELO EN LA MARCHA CON BOTAS DE BOMBERO

Reproducibility of the spatio-temporal variables and the ground reaction forces walking with fire fighting boots

Jesús Cámara
Raúl Martínez de Santos
Begoña Gavilanes

Recibido: 13/07/2010
Aceptado: 14/10/2010

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

Correspondencia:

Dr. Jesús Cámara
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU)
Carretera Lasarte 71. CP: 0100 Vitoria-Gasteiz – Álava (España)
Mail: jesus.camara@ehu.es

Resumen

El objetivo del presente trabajo es analizar la reproducibilidad de las variables espacio-temporales y de la fuerza de reacción del suelo (FRS) durante la marcha con botas de bombero y compararla con la mostrada durante la marcha con calzado de cuero sin caña. Se registraron las variables espacio-temporales de 39 personas así como las variables que definen las tres componentes de la FRS con dos tipos de calzado diferente. Se utilizó la prueba T para contrastar la hipótesis referida a la diferencia del coeficiente de variación (CV) entre los dos tipos de calzado. El CV de las variables espacio-temporales (p. ej. velocidad (V), condición I = 2,01%; condición II = 1,81%), así como de las que definen la componente vertical (p. ej. fuerza de apoyo (FZA) del pie izquierdo, condición I = 2,54%; condición II = 2,73%) y antero-posterior (p. ej. fuerza máxima (FXMAX) del pie izquierdo, condición I = 4,47%; condición II = 4,59%) de la FRS fue inferior a 12,5%, sugiriendo que estas variables pueden ser utilizadas para analizar la influencia de las botas de bombero sobre la marcha. La baja reproducibilidad mostrada por las variables que definen la componente medio-lateral desaconseja la utilización de las mismas para evaluar el efecto de las botas de bombero sobre la marcha. A excepción del tiempo de apoyo bipodal, el resto de variables durante la marcha con botas de bombero no mostró una variabilidad diferente a la obtenida durante la marcha con calzado de cuero sin caña.

Palabras clave: biomecánica, calzado, variabilidad.

Abstract

The aim of this study is to analyze the reproducibility of the spatio-temporal variables and the ground reaction forces (GRF) when walking with fire fighting boots in comparison to walking with low calf shoes. Spatio-temporal parameters and the variables related to the three components of the GRF of 39 people were recorded under two different walking conditions. A T-test to contrast the difference between the coefficients of variation (CV) in both conditions was used. The CV of the spatio-temporal variables (i.e. velocity (V), condition I = 2.01%; condition II = 1.81%), of the vertical (i.e. contact force (FZA) of the left foot, condition I = 2.54%; condition II = 2.73%) and of the antero-posterior GRF (i.e. maximum force (FXMAX) of the left foot, condition I = 4.47%; condition II = 4.59%) was lower than 12.5%, suggesting that these variables could be used to analyze the influence of fire fighting boots on the gait. However, the low reproducibility showed by medio-lateral parameters does not allow to use them. Apart from the bipodal phase no differences were found between the two walking conditions.

Key words: biomechanics, footwear, variability.

Introducción

Desde que Borelli publicó en 1680 el primer tratado de biomecánica bajo el título “De Motu Animalium”, el interés por los movimientos del ser humano ha ido progresivamente en aumento (Steindler, 1953), y el estudio de la marcha no ha sido una excepción. Hace ya tiempo que Elftman (1943) destacó la importancia de la cuantificación si se desea tener un conocimiento detallado de la misma, y en esta misma línea varios autores empezaron a analizar la influencia del calzado sobre este movimiento (Schwartz, Heath, & Misiek, 1935; Schwartz, Heath, Misiek, & Wright, 1934). Sin embargo, para el análisis de la influencia de un tipo de calzado determinado sobre la marcha se hace necesario un estudio previo de la reproducibilidad de las variables empleadas para su análisis ya que esta actividad, precisamente por ser un movimiento cíclico (Giakas & Baltzopoulos, 1997) que responde a cambios en el sistema neuromuscular (Stergiou, 2004), presenta una variabilidad (DeVita & Bates, 1988) que puede enmascarar los resultados obtenidos (Stergiou, 2004; White, Agouris, & Fletcher, 2005).

La reproducibilidad de un movimiento como la marcha está determinada por su propia variabilidad intrínseca (VAI), debida a los cambios en el sistema neuro-muscular (Dingwell, Cusumano, Cavanagh, & Sternad, 1999a, 1999b; Dingwell, Ulbrecht, Sternad, & Cavanagh, 1997; Stergiou, 2004), y por una variabilidad extrínseca (VAE) ocasionada por errores en el protocolo experimental (Bates, DeVita, & Kinoshita, 1983; Kirtley, 2006; Rabuffetti & Frigo, 2001). Con el objeto de reducir la VAE y evitar que la VAI quede enmascarada, es conveniente que la toma de datos se realice por un único investigador y que éste tenga experiencia previa con la metodología de registro (McDonough, Batavia, Chen, Kwon, & Ziai, 2001; Sekiya & Nagasaki, 1998).

Una vez minimizada la VAE, el estudio de la variabilidad permite analizar la reproducibilidad de las variables que caracterizan la marcha. Varios autores ya han estudiado la variabilidad tanto de las variables espacio-temporales así como de la fuerza de reacción del suelo (FRS) mediante el cálculo del coeficiente de variación (CV) (Fórmula 1) (Menz, Latt, Tiedemann, Mun San Kwan, & Lord, 2004; Sekiya, Nagasaki, Ito, & Furuna, 1997; Stacoff, Diezi, Luder, Stüsi, & Krames-de Quervain, 2005)

$$\text{Fórmula 1: CV} = \text{desviación estándar} / \text{promedio} \cdot 100\%$$

Un CV muy bajo indica que la magnitud de la variable medida durante varios registros en un mismo sujeto es consistente (Maria Kim & J. Eng, 2003) y por lo tanto reproducible en condiciones de registro similares (White, Agouris, Selbie, & Kirkpatrick, 1999). No obstante, un CV superior al 12,5% impide determinar en qué medida el valor de una variable es debido al efecto de la intervención o a su propia variabilidad (Munro, Visitainer, & Page, 1986). En dicho caso habrá que reconsiderar la utilización de dicha variable para el estudio del efecto de la intervención.

Durante la marcha con calzado de cuero sin caña las variables espacio-temporales así como las variables que definen la FRS muestran un CV de alrededor del 2% (Masani, Kouzaki, & Fukunaga, 2002; Murray, Drought, & Kory, 1964; Sekiya, et al., 1997; Van Uden & Besser, 2004; Winter, 1984). Estos resultados implican que estas variables muestran una alta reproducibilidad en condiciones de registro similares durante la marcha con este tipo de calzado.

Sin embargo, y habida cuenta de los estudios realizados sobre la variabilidad de las variables espacio-temporales y de la FRS con calzado de cuero sin caña, todavía no se dispone de ningún estudio de variabilidad con botas de bombero, un tipo de calzado muy específico tanto por sus características físicas como por sus condiciones de uso (Huang, Garten, Wade, Webb, & Acevedo, 2009). Por esta razón, y antes de analizar la influencia de las botas de bombero sobre la biomecánica de la marcha, el objetivo del presente estudio es analizar la reproducibilidad de las variables espacio-temporales y de la FRS durante la marcha con botas de bombero y compararla con la mostrada durante la marcha con calzado de cuero sin caña.

Método

Sujetos

Treinta y nueve personas (media \pm desviación estándar; edad $42 \pm 5,3$ años, altura $174,5 \pm 4,6$ cm y masa $78 \pm 14,4$ kg) pertenecientes al servicio de prevención del Ayuntamiento de Bilbao tomaron parte voluntariamente como sujetos en el estudio. Todos los sujetos realizaban actividad física al menos dos días a la semana y no habían tenido ninguna lesión en los dos años previos a la realización de los registros. Todos fueron informados de forma oral y escrita de las características y objetivos del estudio y firmaron el preceptivo consentimiento informado. El estudio se realizó siguiendo el código ético de la declaración de Helsinki.

Condiciones de marcha

Los registros se realizaron en dos condiciones de marcha. El orden de registro entre las condiciones de marcha se realizó de forma aleatoria (Esenyel, Walden, Gitter, Walsh, & Karacan, 2004; Oeffinger, et al., 1999). La condición I correspondió la marcha con las botas de bombero Elten – Sichezheitsschule Scharz © (figura 1) y la condición II correspondió a la marcha con calzado de cuero Clinic © sin caña (figura 2).



Figura 1. Botas de bombero Elten – Sichezheitsschule Scharz ©.



Figura 2. Calzado de cuero Clinic © sin caña.

Protocolo de registro

La obtención de las variables espacio-temporales se realizó en un pasillo de 11 metros de largo, y para asegurar una velocidad de marcha constante se excluyeron los primeros y los últimos pasos (Menz, et al., 2004). La línea de salida en cada condición de marcha se situó al inicio de la zona de aceleración en el sentido de progresión y ajustada a la longitud de paso de cada sujeto, con el objeto de que pisaran correctamente sobre las plataformas de fuerza (Dinascan/IBV, 8.2, Instituto de Biomecánica de Valencia, España) sin modificar su marcha natural. Al sobrepasar la línea que marcaba el comienzo de los diez metros del pasillo de marcha, y según los sujetos realizaban el primer apoyo del talón en el suelo, una persona activaba el cronómetro (Casio, HS-20, Casio America Inc., EE. UU.) y contabilizaba el número de pasos desde el primer apoyo del talón dentro del pasillo de marcha. Al undécimo apoyo del talón de pies alternos en el suelo se marcaba un “lap” en el cronómetro, quedando así grabado el tiempo empleado por los sujetos en dar diez pasos. El registro se daba por terminado cuando los participantes sobrepasaban la línea que marcaba el final del pasillo de marcha, momento en el que se paraba el cronómetro. Posteriormente se calculaba la distancia desde el primer apoyo del talón dentro del pasillo de marcha hasta la línea que delimitaba el final del mismo, identificando ese primer punto con la ayuda de 10 tiras de cinta aislante roja pegadas al suelo en sentido perpendicular al de progresión puestas al principio del pasillo cada 10 cm. Los sujetos realizaron 5 registros por cada condición de marcha.

Variables

La utilización de las plataformas de fuerza para la obtención de las variables espacio-temporales se ha demostrado adecuada (Nilsson & Thorstensson, 1989) ya que éstas indican el instante en el que se apoya y se eleva el pie del suelo. El registro de la FRS correspondiente al apoyo consecutivo de ambos pies en las plataformas (figura 3) permitió obtener el tiempo de apoyo del pie derecho (TAd) (Fórmula 2), el tiempo de apoyo del pie izquierdo (TAi) (Fórmula 3), el tiempo de apoyo bipodal (TAB) (Fórmula 4), el tiempo de apoyo monopodal derecho (TAMd) (Fórmula 5), el tiempo de apoyo monopodal izquierdo (TAMi) (Fórmula 6), el tiempo de paso derecho (TPd) (Fórmula 7) y el tiempo de paso izquierdo (TPi) (Fórmula 8). El TAd, TAi, TAB, TAMd, TAMi, TPd y TPi fueron normalizados con el tiempo de zancada (TZ). Para la determinación del TZ, longitud de paso (LP), cadencia de pasos (CP) y velocidad (V) se utilizaron las Fórmulas 9,10,11 y 12, respectivamente.

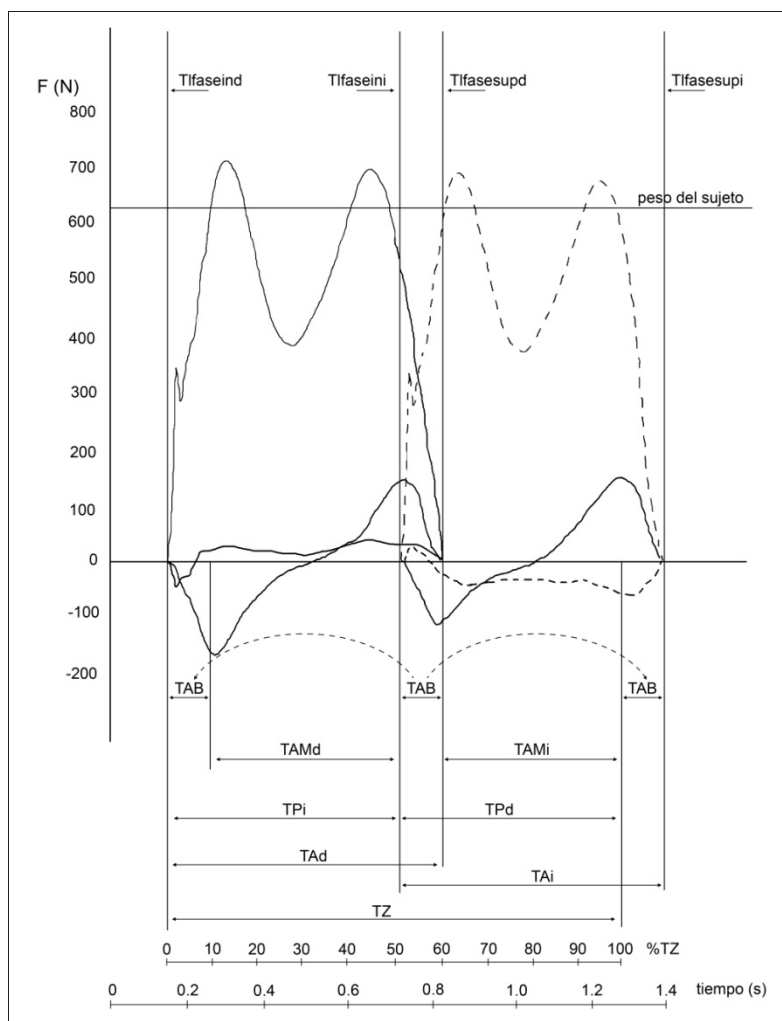


Figura 3. Identificación de variables espacio-temporales en la FRS

TZ: tiempo de zancada; TAd: tiempo de apoyo del pie derecho; TAi: tiempo de apoyo del pie izquierdo; TPi: tiempo de paso izquierdo; TPd: tiempo de paso derecho; TAMd: tiempo de apoyo monopodal derecho; TAMi: tiempo de apoyo monopodal izquierdo; TAB: tiempo de apoyo bipodal; Tifaseind: tiempo límite fase inferior del pie derecho; Tifaseini: tiempo límite fase inferior del pie izquierdo; Tifasesupd: tiempo límite fase superior del pie derecho; Tifasesupi: tiempo límite fase superior del pie izquierdo.

Fórmula 2. Tiempo de apoyo del pie derecho.

$$TAd (s) = Tlfasesupd (s) - Tlfaseind (s)$$

Fórmula 3. Tiempo de apoyo del pie izquierdo.

$$TAi (s) = Tlfasesupi (s) - Tlfaseini (s)$$

Fórmula 4. Tiempo de apoyo bipodal.

$$TAB (s) = Tlfasesupd (s) - Tlfaseini (s)$$

Fórmula 5. Tiempo de apoyo monopodal derecho.

$$TAMd (s) = Tlfasesupd (s) - Tlfaseind (s) - 2 \cdot (Tlfasesupd (s) - Tlfaseini (s))$$

Fórmula 6. Tiempo de apoyo monopodal izquierdo.

$$TAMi (s) = Tlfasesupi (s) - Tlfaseini (s) - 2 \cdot (Tlfasesupd (s) - Tlfaseini (s))$$

Fórmula 7. Tiempo de paso derecho.

$$TPd (s) = Tlfaseini (s) - Tlfaseind (s)$$

Fórmula 8. Tiempo de paso izquierdo.

$$TPi (s) = Tlfasesupi (s) - (Tlfasesupd (s) - Tlfaseini (s)) - Tlfaseini (s)$$

Fórmula 9. Tiempo de zancada.

$$\text{Tiempo de zancada (s)} = 120 / \text{cadencia (pasos} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} (\text{Whittle, 2003})$$

Fórmula 10. Longitud de paso.

$$\text{Longitud de paso (m)} = \text{velocidad (m} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} / \text{cadencia de pasos por minuto (pasos} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} (\text{Lamoreaux, 1971})$$

Fórmula 11. Cadencia de pasos.

$$\text{Cadencia de pasos (pasos} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \text{número de pasos (pasos)} / \text{tiempo (s)} (\text{Lamoreaux, 1971})$$

Fórmula 12. Velocidad.

$$\text{Velocidad (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \text{distancia recorrida (m)} / \text{tiempo (s)}$$

Las variables de la FRS registradas fueron las siguientes (figura 4): de la componente vertical se tomó el tiempo hasta la producción de la fuerza de apoyo (TZA) y la magnitud de esta fuerza (FZA), que corresponde con el momento en el que el sujeto acaba de transferir todo su peso sobre una sola pierna, el tiempo hasta la producción de la fuerza de valle (TZV) y la magnitud de esta fuerza (FZV), que corresponde con el momento en el que todo el pie está apoyado en el suelo y la pierna contra lateral supera en el plano de progresión a la pierna que está apoyada, y el tiempo hasta la producción de la fuerza de despegue (TZD) y la magnitud de esta fuerza (FZD), que muestra la fuerza de propulsión máxima en el eje vertical previa al despegue del pie; de la componente antero-posterior se analizaron el

tiempo hasta la producción de la fuerza mínima (TXMIN) y la magnitud de esta fuerza (FXMIN), que refleja la fuerza de frenado transmitida por la pierna recién apoyada (Li, Haddad, & Hamill, 2005), y el tiempo hasta su producción de la fuerza máxima (TXMAX) y la magnitud de esta fuerza (FXMAX), o también denominada fuerza de aceleración (Perry, 1992); de la componente medio-lateral se registró el tiempo hasta la fuerza máxima transmitida hacia la zona lateral (TYI) y la magnitud de esta fuerza (FYI) y el tiempo hasta la fuerza máxima transmitida hacia la zona medial (TYF) y la magnitud de esta fuerza (FYF).

Las variables de la FRS fueron normalizadas con el peso de cada sujeto. El tiempo hasta la producción de las fuerzas fue normalizado con el tiempo de apoyo.

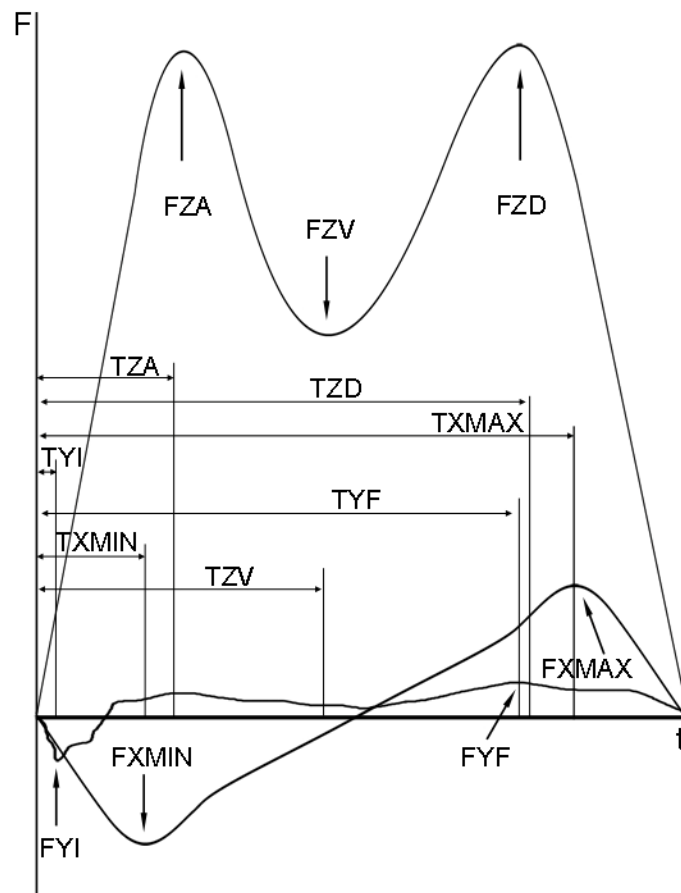


Figura 4. Identificación de variables de las tres componentes de la FRS

FZA: fuerza de apoyo; FZV: fuerza de valle; FZD: fuerza de despegue; TZA: tiempo hasta la fuerza de apoyo; TZV: tiempo hasta la fuerza de valle; TZD: tiempo hasta la fuerza de despegue; FXMIN: fuerza mínima; FXMAX: fuerza máxima; TXMIN: tiempo hasta la fuerza mínima; TXMAX: tiempo hasta la fuerza máxima; FYI: fuerza máxima transmitida hacia la zona lateral; FYF: fuerza máxima transmitida hacia la zona medial; TYI: tiempo hasta la fuerza máxima transmitida hacia la zona lateral; TYF: tiempo hasta la fuerza máxima transmitida hacia la zona medial.

Análisis estadístico

Para los cálculos estadísticos se utilizó el programa SPSS 16.0 (SPSS Inc., EE. UU.). El estudio de la normalidad de los datos se realizó mediante el estadístico de Shapiro-Wilk. Se halló la media del CV de todas las variables. Para contrastar la hipótesis referida a la diferencia del CV entre la marcha con calzado de cuero sin caña y las botas de bombero se realizó la prueba T para muestras relacionadas. El número mínimo de sujetos para la realización del estudio así como el análisis de la potencia con la muestra utilizada se calculó con el programa Graphpad Statmate 2.0 (Graphpad Software Inc., EE. UU.). Basándonos en un estudio previo (Stacoff, Diezi, Luder, Stüssi, & Quervain, 2005) y considerando el error α de 0,05 y una potencia estadística de 0,8, el número recomendado de sujetos era de entre 20 y 25. La potencia estadística de los 36 sujetos analizados fue igual o superior a 0,8 para efectos iguales o inferiores a una desviación estándar de las variables. Para todos los análisis el criterio estadístico de significación fue de $p < 0,05$.

Resultados

Todas las variables mostraron una distribución normal. Por su parte, todas las variables espacio-temporales en la condición I mostraron un CV inferior a 12,5% (tabla 1); la mayor variabilidad fue la presentada por el TAB. Ninguna variable espacio-temporal mostró diferencias significativas entre la condición I y la condición II.

Tabla 1. Media del coeficiente de variación de las variables espacio-temporales.

	condición I	condición II
V	2,01	1,81
LP	1,20	1,16
CP	1,71	1,94
TAB	10,49*	4,88*
TZ	2,13	2,07
TPi	1,23	1,14
TPd	1,09	1,23
TAi	1,95	1,46
TAd	1,30	1,33
TAMi	2,34	2,36
TAMd	3,58	2,63

* Difiere significativamente para $p < 0,05$.

V: velocidad; LP: longitud de paso; CP: cadencia de pasos; TAB: tiempo de apoyo bipodal; TZ: tiempo de zancada; TPi: tiempo de paso izquierdo; TPd: tiempo de paso derecho; TAI: tiempo de apoyo del pie izquierdo; TAd: tiempo de apoyo del pie derecho; TAMi: tiempo de apoyo monopodal izquierdo; TAMd: tiempo de apoyo monopodal derecho.

En referencia a las variables que definen la FRS, se observó que en la condición I tanto la magnitud de las fuerzas que definen la componente vertical y antero-posterior así como el tiempo hasta la producción de dichas fuerzas presentaron variaciones inferiores a 12,5% (tabla 2). Por el contrario, las variables que definen la componente medio-lateral mostraron variaciones superiores a 12,5%. Durante la marcha en la condición II, al igual que en los resultados obtenidos durante la condición I, las variables que definen la componente vertical y antero-posterior mostraron variaciones inferiores a 12,5%, mientras que las variables que definen la componente medio-lateral mostraron variaciones superiores a 12,5%. No se obtuvieron diferencias significativas en las variables que caracterizan las tres componentes de la FRS entre la condición I y la condición II.

Tabla 2. Coeficientes de variación de las variables registradas de las tres componentes de la fuerza de reacción del suelo en la condición I y la condición II para cada pie.

	condición I		condición II	
	pie izquierdo	pie derecho	pie izquierdo	pie derecho
FZA	2,54	2,75	2,73	2,75
FZV	2,76	7,06	2,93	3,06
FZD	1,6	1,88	1,93	1,95
TZA	6,5	9,91	7,46	6,51
TZV	5,75	10,12	5,04	6,09
TZD	2,9	2,36	2,01	4,08
FXMAX	4,47	5	4,59	4,38
FXMIN	7,88	7,26	7,76	8,56
TXMAX	2,65	1,74	1,84	3,65
TXMIN	8,13	8,37	11,09	8,54
FYI	12,14	14,36	12,71	14,74
FYF	21,25	21,05	21,75	23,78
TYI	32,54	27,56	22,68	28,63
TYF	31,17	31,62	31,89	13

FZA: fuerza de apoyo; FZV: fuerza de valle; FZD: fuerza de despegue; TZA: tiempo hasta la fuerza de apoyo; TZV: tiempo hasta la fuerza de valle; TZD: tiempo hasta la fuerza de despegue; FXMAX: fuerza máxima; FXMIN: fuerza mínima; TXMAX: tiempo hasta la fuerza máxima; TXMIN: tiempo hasta la fuerza mínima; FYI: fuerza máxima transmitida hacia la zona lateral; FYF: fuerza máxima transmitida hacia la zona medial; TYI: tiempo hasta la fuerza máxima transmitida hacia la zona lateral; TYF: tiempo hasta la fuerza máxima transmitida hacia la zona medial.

Discusión

La marcha es considerada la actividad física más frecuente (Jiménez, 2002), por lo que muchos estudios han analizado la influencia de diferentes tipos de calzado sobre la biomecánica de la marcha. No obstante, no hemos encontrado ningún estudio que analice la influencia sobre la marcha de las botas de bombero que, caracterizadas por tener una placa de acero en la media-suela y en la puntera del pie, así como por tener caña alta, pueden influir en la reproducibilidad de las variables espacio-temporales y de las tres componentes de la FRS. Este estudio es el primero que analiza la reproducibilidad de estas variables durante la marcha con botas de bombero y la compara con la mostrada por el calzado de cuero sin caña.

Los parámetros espacio-temporales durante la marcha con botas de bombero, a excepción del tiempo de apoyo bipodal que presentó una mayor variabilidad que durante la marcha con calzado de cuero sin caña, presentan una variabilidad similar a la obtenida durante la marcha con calzado de cuero sin caña. En ambas condiciones la variación fue inferior al 12,5% establecido como el límite para asegurar la reproducibilidad de una variable sin que la VAI enmascarase el resultado de dicha variable (Munro, et al., 1986). El tiempo de apoyo bipodal es un indicador de la estabilidad de la marcha (Vaughan, Davis, & O'Connor, 1992), por lo que la mayor variabilidad obtenida en este tiempo durante la marcha con botas de bombero respecto a la marcha con calzado de cuero sin caña hace suponer que las características específicas de este tipo de botas influyen en la estabilidad de la marcha.

La similitud del resto de variables espacio-temporales entre ambas condiciones de marcha así como su baja variabilidad sugieren que durante la marcha con botas de bombero estas variables son reproducibles y que su variabilidad respecto a la marcha con calzado de cuero sin caña no se ve afectada por las características específicas de las botas.

Autores previos también obtuvieron una variabilidad inferior a 12,5% de las variables espacio-temporales (Menz, et al., 2004; Goble, Marino, & Potvin, 2003; Danion, Varraine, Bonnard, & Pailhous, 2003). No obstante, también se ha obtenido una alta variabilidad de la longitud de paso (Yamasaki, Sasaki, & Torii, 1991) que puede ser atribuida a la realización de las pruebas sobre tapiz rodante. Por otro lado, al igual que en estudios previos, las variables cinéticas que definen la componente vertical y antero-posterior de la FRS, así como el tiempo hasta la producción de dichas fuerzas presentan una variabilidad inferior a 12,5% (Goble, et al., 2003; Stacoff, et al., 2005). La componente medio-lateral durante la marcha con botas de bombero, al contrario que la componente vertical y antero-posterior, muestra una variabilidad superior a 12,5%. La marcha con calzado de cuero sin caña presentó una variabilidad similar a la obtenida durante la marcha con botas de bombero en las tres componentes de la FRS. Estos resultados sugieren que las variables que definen la componente vertical y antero-posterior son reproducibles y que su variabilidad respecto a la marcha con calzado de cuero sin caña no se ve influenciada por las botas. Por el contrario, las variables que definen la componente medio-lateral durante la marcha con botas, al igual que durante la marcha con calzado de cuero sin caña, no son reproducibles. Otros autores también obtuvieron una alta variabilidad de la componente medio-lateral (Giakas & Baltzopoulos, 1997; Rabuffetti & Frigo, 2001; White, et al., 1999).

Los resultados obtenidos sugieren que tanto las variables espacio-temporales así como las variables que definen la componente vertical y antero-posterior de la FRS se pueden utilizar para valorar la influencia de las botas de bombero sobre las mismas ya que los resultados obtenidos serán debidos al efecto de las botas.

Conclusiones

Los bajos coeficientes de variación de las variables espacio-temporales así como de las variables que definen la componente vertical y antero-posterior de la fuerza de reacción del suelo permiten afirmar que estas variables son adecuadas para analizar la influencia de las botas de bombero sobre la marcha. Sin embargo, los altos coeficientes de variación de las variables que definen la componente medio-lateral desaconsejan la utilización de esta componente para evaluar la influencia de las botas de bombero sobre la marcha ya que no se puede determinar en qué medida los resultados son debidos al propio calzado o a la variabilidad de esta componente.

La marcha con botas de bombero no influye sobre la reproducibilidad de las variables espacio-temporales y sobre las variables que definen la fuerza de reacción del suelo, a excepción del tiempo de apoyo bipodal, donde su reproducibilidad disminuye con este tipo de botas.

Referencias

- Bates, B. T., DeVita, P., & Kinoshita, H. (1983). *Proceedings of the International Symposium on Biomechanical Aspects of Sport Shoes and Playing Surfaces*. The University of Calgary, Calgary, Canada.
- Danion, F., Varraine, E., Bonnard, M., & Pailhous, J. (2003). Stride Variability in Human Gait: The Effect of Stride Frequency and Stride Length. *Gait and Posture*, 18, 69-77.
- DeVita, P., & Bates, B. T. (1988). Intraday reliability of ground reaction force data. *Human Movement Science*, 7, 73-85.
- Dingwell, J. B., Cusumano, J. P., Cavanagh, P. R., & Sternad, D. (1999a, Sept. 12-15). *Proceedings of the 17th biennial conference on mechanical vibrations and noise, ASME 1999 design engineering technical conferences*. University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Dingwell, J. B., Cusumano, J. P., Cavanagh, P. R., & Sternad, D. (1999b). *Proceedings of the 23rd annual meeting of the American Society of Biomechanics*. University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Dingwell, J. B., Ulbrecht, J. S., Sternad, D., & Cavanagh, P. R. (1997). *Proceedings of the 21st annual conference of the American Society of Biomechanics*. Clemson University, Clemson, South Carolina.
- Elftman, H. (1943). Section of Biology. *Transactions of the New York Academy of Sciences*, 6(1), 1-4.
- Esenyel, M., Walden, G., Gitter, A., Walsh, N. E., & Karacan, I. (2004). Gait characteristics with and without shoes. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 50(2), 33-37.

- Giakas, G., & Baltzopoulos, V. (1997). Time and frequency domain analysis of ground reaction forces during walking: an investigation of variability and symmetry. *Gait and Posture*(5), 189-197.
- Goble, D. J., Marino, G. W., & Potvin, J. R. (2003). The Influence of Horizontal Velocity on Interlimb Symmetry in Normal Walking. *Human Movement Science*, 22, 271-283.
- Huang, C. J., Garten, R. S., Wade, C., Webb, H. E., & Acevedo, E. O. (2009). Physiological responses to simulated stair climbing in professional firefighters wearing rubber and leather boots. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 163-168.
- Jiménez, E. M. (2002). *Actividad física y salud integral*. Barcelona: Paidotribo.
- Kirtley, C. (2006). *Clinical gait analysis. Theory and practice*.: Elsevier.
- Lamoreaux, L. W. (1971). Kinematic measurements in walking. *Bulletin of Prosthetic Research*, 10(15), 3-84.
- Li, L., Haddad, J. M., & Hamill, J. (2005). Stability and Variability May respond Differently to Changes in Walking Speed. *Human Movement Science* 24(2), 257-67
- Maria Kim, C., & J. Eng, J. (2003). Symmetry in vertical ground reaction force is accompanied by symmetry in temporal but not distance variables of gait in persons with stroke. *Gait and Posture*(18), 23-28.
- Masani, K., Kouzaki, M., & Fukunaga, T. (2002). Variability of Ground Reaction Forces During Walking. *Journal of Applied Physiology*, 92(5), 1885-1890.
- McDonough, A. L., Batavia, M., Chen, F. C., Kwon, S., & Ziai, J. (2001). The Validity and Reliability of the GAITRite System's Measurements: A Preliminary Evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 419-425.
- Menz, H. B., Latt, M. D., Tiedemann, A., Mun San Kwan, M., & Lord, S. R. (2004). Reliability of the Gaitrite walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait and Posture*, 20, 20-25.
- Munro, B. H., Visitainer, M. A., & Page, E. B. (1986). *Statistical methods for health care research*. London: JB Lippincott CO.
- Murray, M. P., Drought, B., & Kory, R. C. (1964). Walking Patterns of Normal Men. *The Journal of Bone And Joint Surgery*, 46 A(2), 335-360.
- Nilsson, J., & Thorstensson, A. (1989). Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand*, 2(136), 217-227.
- Oeffinger, D., Brauch, B., Cranfill, S., Hisle, C., Wynn, C., Hicks, R., et al. (1999). Comparison of gait with and without shoes in children. *Gait and Posture*, 9, 95-100.
- Perry, J. (1992). *Gait Analysis. Normal and Pathological Function*. Yorba Linda, CA.: Slack incorporated.
- Rabuffetti, M., & Frigo, C. (2001). Ground reaction: intrinsic and extrinsic variability assessment and related method for artefact treatment. *Journal of Biomechanics*, 34, 363-370.
- Schwartz, R. P., Heath, A. L., & Misiek, W. (1935). The influence of the shoe on gait. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 17, 416-418.
- Schwartz, R. P., Heath, A. L., Misiek, W., & Wright, J. N. (1934). Kinetics of human gait. The making and interpretation of electrobasographic records of gait. *Journal of Bone and Joint Surgery*(16), 343-350.
- Sekiya, N., & Nagasaki, H. (1998). Reproducibility of the walking patterns of normal young adults: test-retest reliability of the walk ratio (step-length/step-rate). *Gait and Posture*, 7, 225-227.
- Sekiya, N., Nagasaki, H., Ito, H., & Furuna, T. (1997). Optimal walking in terms of variability in step length. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(5), 266-272.

- Stacoff, A., Diezi, C., Luder, G., Stüsi, E., & Kramers-de Quervain, I. A. (2005). Ground reaction forces on stairs: effects of stair inclination and age. *Gait and Posture*(21), 24-38.
- Steindler, A. (1953). A historical review of the studies and investigations made in relation to human gait. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 35(A(3)), 540-542.
- Stergiou, N. (2004). *Innovative Analyses of Human Movement* (1 ed.). Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Van Uden, C. J. T., & Besser, M. P. (2004). Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 5, 13).
- Vaughan, C. L., Davis, B., & O'Connor, J. (1992). *Dynamics of Human Gait*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- White, R., Agouris, I., & Fletcher, E. (2005). Harmonic analysis of force platform data in normal and cerebral palsy gait. *Clinical Biomechanics*, 20, 508-516.
- White, R., Agouris, I., Selbie, R. D., & Kirkpatrick, M. (1999). The Variability of Force Platform Data in Normal and Cerebral Palsy Gait. *Clinical Biomechanics*, 14, 185-192.
- Whittle, M. W. (2003). *Gait Analysis. An introduction*: Butterworth - Heinemann - Elsevier.
- Winter, D. A. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3, 51-76.
- Yamasaki, M., Sasaki, T., & Torii, M. (1991). Sex difference in the pattern of lower limb movement during treadmill walking. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 99-103.

Referencia del artículo:



Cámara, J., Martínez de Santos, R., Gavilanes, B. (2010). Reproducibilidad de las variables espacio-temporales y de las componentes de la fuerza de reacción del suelo en la marcha con botas de bombero. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 6(3), 141-153.
<http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index>