

Diferencias en las fuerzas de reacción del suelo entre zapatillas de carrera con dos tipos de *drop*

Juan José Ruiz Lloris¹, José Carlos Cuevas García², M^a. Ángeles Gómez González², Alfonso Martínez Nova²

¹ Práctica Privada. Cáceres. ²Centro Universitario de Plasencia. Universidad de Extremadura.

Recibido: 04.12.2014
Aceptado: 25.05.2015

Resumen

Antecedentes: En las zapatillas de correr, el *drop* hace referencia a la diferencia entre el grosor de la suela del talón y el grosor de la suela del antepié y dedos. El *drop* se clasifica en tres tipos según la medición. Cada uno tiene características propias que afectan a la consecución del ciclo de la carrera. Se conoce poco el efecto del *drop* sobre la cinética, Por eso el objetivo del estudio fue comparar las fuerzas de reacción con dos tipos de *drop*.

Material y métodos: Se realizó un estudio a 14 sujetos varones que corrían al menos 4 horas a la semana y que debían aportar dos pares de zapatillas de correr, un par de rodaje rápido y otro par de rodaje largo. Se midieron las fuerzas de reacción del suelo (velocidad de carrera, tiempo de apoyo y fuerzas de frenado, propulsión, despegue y oscilación), con plataforma de fuerzas SVE/IBV. Se recogieron los datos a cada sujeto y También se procedió a determinar el *drop* de cada par de zapatillas.

Resultados: En el tiempo de apoyo en ambos pies, entre los *drops* máximo y mínimo tanto hubo una diferencia de en el pie derecho como en el pie izquierdo hubo diferencias significativas ($p = 0,001$ y $p = 0,010$, indicando que el tiempo se reducía con el uso de un *drop* menor. Por esto hubo correlación positiva en los dos *drops*, entre el tiempo de apoyo y velocidad del paso. ($r = -0,717$, $p = 0,004$)

Conclusiones: En conclusión pudimos decir que Las zapatillas con menor *drop* influyen en la cinética de la carrera, acortando el tiempo de apoyo de la zapatilla con el suelo. Sin embargo, ni las características antropométricas, ni llevar diferente *drop* en las zapatillas influyó en las fuerzas de reacción del suelo.

Palabras clave:
Carrera. *Drop*.
Fuerzas de reacción.
Zapatillas.

Differences in ground reaction forces between running shoes with two types of drop

Summary

Background: In running shoes, drop is referred to the difference between the thickness of sole of the heel and thickness of sole of the forefoot and toes. The drop is classified into three types according to the measurement. Every drop has its own characteristics that affect the realization of race cycle. Little is known the effect of drop on the kinetics, for this reason the objective of the study was to compare the forces of reaction with two types of drop.

Material and methods: We conducted a study in 14 male subjects who ran on at least 4 hours a week and which should bring two pairs of running shoes, a pair of fast taxiing and another pair of long running. The ground reaction forces were measured (running speed, contact time, and braking, propulsion, take off and oscillation forces), with SVE/IBV force platform. We collected the data to each subject and also proceeded to determine the drop of each pair of shoes.

Results: In the time of support in both feet, between the drops of maximum and minimum both in the right foot and left foot there were significant differences ($p = 0.001$ and $p = 0.010$), indicating that the time was reduced with the use of one smaller drop. For this reason there was positive correlation in two drops, between the time of support and the step speed. ($r = -0.717$, $p = 0.004$)

Conclusions: We conclude that with lower drop shoes influence the kinetics of the race, shortening the time of the shoe with the ground support. However, neither features anthropometric, nor carry different drop in running shoes influenced the ground reaction forces.

Key words:
Running. Drop.
Reaction forces.
Running shoes.

Correspondencia: Alfonso Martínez Nova
E-mail: podoalf@unex.es

Introducción

El deporte se ha convertido hoy en día en un auténtico fenómeno social. La práctica de todo tipo de modalidades deportivas se ha extendido a lo largo del mundo entero, lo que da un carácter universal difícilmente igualable por otro tipo de manifestación cultural. Todas las sociedades, desde las más avanzadas, hasta las más pobres y recónditas, practican algún tipo de manifestación deportiva, ya sea por diversión, necesidad, entretenimiento, mejora física¹.

Actualmente, la carrera a pie está ganando seguidores, debido a lo beneficioso de su práctica y a la facilidad para practicarla². El calzado usado se ha convertido en un importante factor a tener en cuenta. Existen zapatillas deportivas adaptadas a todas las modalidades (velocidad, fondo, montaña, etc) y también a las necesidades y tipo de pie^{3,4}.

Una de las características que están en boga en la actualidad es el *Drop*. Esto hace referencia a la diferencia de grosor entre la suela en la zona de apoyo del talón y la zona del antepié y dedos. La carrera a pie es una actividad en la que los tobillos y articulaciones metatarsales desarrollan sus movimientos principalmente en flexión y extensión⁵. Así, las diferentes alturas del *Drop*, modificarán los grados de movimiento en estas articulaciones y lo que puede afectar a la dinámica del resto del cuerpo⁶.

Así, con un mayor *drop*, la articulación del tobillo adquiere mayor pronación⁷. Del mismo modo aumenta significativamente la flexión de cadera, lo que también produce un aumento de la extensión de la rodilla, lo que finalmente provoca que el despegue digital sea más brusco⁷.

El *drop* de 12 mm proporciona una mayor sensación de amortiguación, pero reduce la propiocepción natural del corredor. Además al haber más grosor el tobillo tiene que iniciar la zancada con la flexión dorsal y así el pie tendrá mayor ángulo de caída. En general provocará un apoyo de talón anterior de lo normal. El corredor que lleve este *drop* en sus deportivas presenta en la gráfica de fuerzas un primer pico que corresponde con el contacto de talón y otro pico que representa el medioapoyo⁸.

Las zapatillas con *drop* de 8 mm, favorecen la transición de la pisada y permiten una mayor rapidez en la carrera. En este caso se aprecia un apoyo total de talón un poco más retrasado, pero aun así las fuerzas de reacción son mayores en el apoyo de talón. El calzado con *drop* de 8 mm tiene mayor pico en el contacto de talón, es decir las fuerzas de reacción del suelo son mayores. Y el segundo pico es menos alto, disminuyendo con respecto al anterior.

El de 0 mm de *drop* imita el correr descalzo, pero con protección en la planta del pie. Es un calzado que no lleva diferencia de grosor entre el talón y el antepié. Permite una mayor propiocepción y una mayor sensación del terreno, pero biomecánicamente hablando el corredor inicia su apoyo por el mediopié o antepié, observándose en las gráficas un único pico que representa al despegue del pie.

La preferencia de *drop* en cada corredor es muy variable, dependiendo de la técnica de carrera, tipo de contacto inicial con el suelo, experiencia, nivel atlético, etc. Sin embargo, se investiga en la actualidad sobre la relación del *drop* con las lesiones. Cuando hay menor *drop*, hay menor flexión plantar, lo que ayuda a prevenir sobrecargas a nivel de la musculatura flexora y del tendón de Aquiles.

Con mayor *drop* hay mayor participación de la musculatura posterior, y por lo tanto una mayor flexión plantar por el apoyo más anteriorizado hacia el antepié. Esto puede originar problemas musculares en el sistema flexor, como sobrecarga en el gastrocnemio o tendinitis aquilea⁴. Además, puede provocar fracturas metatarsales por estrés, por el impacto mayor sobre el antepié^{4,9}.

Aunque se conoce el efecto del *drop* en la cinemática (movimientos), es algo más desconocido su relación con la cinética (fuerzas). Puesto que el *drop* puede modificar la dinámica corporal, el objetivo de este estudio fue comparar las fuerzas de reacción del suelo en corredores habituales con dos tipos de *drop*.

Material y métodos

Características de la muestra

La muestra se compuso de 14 corredores de sexo masculino, con una edad media de 30,5 ± 10,3 años, un peso medio de 73,3 ± 8,8, una altura media de 173 ± 5,5 cm y un índice de masa corporal de 24,4 ± 3,2. Todos los corredores, tras la explicación verbal del estudio aceptaron participar, firmando consentimiento informado.

Criterios de inclusión y exclusión

Para ser incluido en el grupo de estudios, los sujetos del debían ser corredores habituales (mínimo 4 horas/semana), debían traer dos pares de zapatillas de correr, un par de rodaje lento (*drop* máximo) y otro par de rodaje rápido (*drop* mínimo). Se excluyeron del estudio aquellos corredores no habituales (menos de 4 horas/semana), aquellos que se encontraran lesionados o en proceso de recuperación de una lesión que pudiera falsear los datos y aquellos que en el momento del estudio no pudieran aportar los dos pares de zapatillas con diferentes *drops*.

Medición del *drop*

Para clasificar el *drop* de las zapatillas se midieron los dos pares de zapatillas de cada corredor. Según la medición, se clasificará en el grupo *drop* mínimo o *drop* máximo. El *drop* se midió tomado un punto central en el talón (sin tener en cuenta los tacos de la suela), y del antepié, donde del mismo modo buscamos un punto central en el lateral de la zapatilla. $Drop = \text{Altura suela retropié} - \text{altura suela antepié}$ (Figura 1). La media del *drop* máximo fue de 13 ± 1,4 mm (rango 11-15), mientras que las del *drop* mínimo fue de 8,5 ± 1,6 mm (5-10).

Medición de las fuerzas en la carrera

Las fuerzas de reacción del suelo se midieron con la plataforma de fuerzas NED/SVE del Instituto Biomecánico de Valencia/IBV¹⁰. Ésta mide las fuerzas de reacción del suelo (verticales, mediolaterales y anteroposteriores) mediante una plataforma incluida en un pasillo de marcha o carrera. Se seleccionaron las siguientes variables, velocidad de carrera (m/s), tiempo de apoyo (s), fuerza de frenado (N), fuerza de propulsión (N), fuerza de despegue (N) y fuerza de oscilación (N).

Figura 1. Drop en una de las zapatillas.



Protocolo de medición

Para medir a cada paciente le pedíamos que se subiese a la plataforma. Sobre la plataforma se realizó el estudio en dos fases. Primero se procedió a la medición de la velocidad de referencia. El sujeto tenía que ir de un extremo a otro de la plataforma corriendo. Se aceptaron rangos de carrera lenta, entre 1,9 y 2,4 m/s (7-8,5 km/h). Posteriormente, el sujeto pasó corriendo a esa velocidad de referencias en seis ocasiones (para poder hacer la media entre todas ellas).

En cada repetición el sistema informático mostraba la velocidad de carrera. Para que todas las repeticiones pudieran ser aceptadas y darlas como válidas, el valor de velocidad debía estar rango numérico entre -10 y +10%. Las repeticiones se desecharon si la velocidad de carrera difería de ese rango, lo que podría sesgar los datos de fuerzas obtenidos.

Los sujetos realizaron este protocolo en dos ocasiones, con sus zapatillas de *drop* máximo y mínimo.

Análisis estadístico

Una vez se obtuvieron todos los datos de la muestra, las variables se pasaron al programa estadístico SPSS (v. 15.0, licencia campus UEX). Se realizaron estudios estadísticos descriptivos. Para el contraste de variables se emplearon la prueba *t* de *student* para muestras pareadas y correlaciones de Pearson.

Resultados

La velocidad del paso derecho e izquierdo con ambos *drops* fueron de 2,29 y 2,32 m/s (*drop* máximo) y 2,29 y 2,34 (*drop* mínimo), no presentando diferencias significativas ($p = 0,248$ y $p = 0,242$ respectivamente).

El tiempo de apoyo del pie derecho con el *drop* máximo fue de 0,30 ms, mientras en el *drop* mínimo fue de 0,28 ms, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,001$). Del mismo modo, el pie izquierdo también presentó una media de 0,29 ms con el *drop* máximo, y el *drop* mínimo presentó 0,29 ms de media, siendo esta diferencia significativa (Tabla 1, $p = 0,010$).

Tabla 1. Tiempo de apoyo con ambos *drops*.

		Media Ms	Desviación típ.	P
Par 1	Tº Apoyo D Máximo	0,30	0,01	0.001
	Tº Apoyo D Mínimo	0,28	0,01	
Par 2	Tº Apoyo I Máximo	0,29	0,02	0.010
	Tº Apoyo I Mínimo	0,28	0,01	

Tabla 2. Correlación entre velocidad del paso y tiempo de apoyo en pie derecho.

		Tº Apoyo D Máximo	Tº Apoyo D Mínimo
Veloc. Paso D Max.	Correlación de Pearson	-,717(**) 0,004	
	<i>p</i>		
Tº Apoyo D Max.	Correlación de Pearson		-0,632(*) 0,015
	<i>p</i>		
		Veloc. Paso I Máximo	Tº Apoyo I Mínimo
Veloc. Paso I Máximo	Correlación de Pearson	-0,444 0,112	
	<i>p</i>		
Tº Apoyo I Mínimo	Correlación de Pearson		-0,336 0,240
	<i>p</i>		

Se encontró una correlación positiva entre la velocidad del paso del pie derecho con el *drop* máximo y el tiempo de apoyo del pie derecho con el *drop* máximo ($r = -0,717$, $p = 0,004$). También se halló esta correlación con el *drop* mínimo. Sin embargo en el pie izquierdo, no se hallaron correlaciones significativas (Tabla 2).

La fuerza de despegue en el pie derecho, fue de 1408,5 N para el *drop* máximo por 1414,7 N para el *drop* mínimo, no presentando diferencias significativas ($p = 0,937$, Tabla 3). Las fuerzas de frenado, propulsión y oscilación tampoco presentaron diferencias significativas entre ambos *drops* (Tabla 3).

Del mismo modo, tampoco se encontraron diferencias significativas entre ambos *drops* en las fuerzas de reacción del suelo ($p > 0,05$ en todos los casos, Tabla 4).

En las correlaciones establecidas entre la edad, peso, altura y tiempo de apoyo del *drop* máximo y mínimo, no se encontraron relaciones significativas ($p > 0,05$ en todos los casos).

Tabla 3. Fuerzas de frenado, fuerzas de propulsión, fuerzas de despegue, y fuerzas de oscilación con ambos *drops* en el pie derecho.

		Media	Desviación típ.	p
Par 1	Fuerza Frenado D Máximo	152,5	49,6	0,541
	Fuerza Frenado D Mínimo	158,2	48,9	
Par 2	Fuerza Propulsión D Máximo	156,3	38,9	0,445
	Fuerza Propulsión D Mínimo	159,9	38,5	
Par 3	Fuerza Despegue D Máximo	1408,5	310,7	0,937
	Fuerza Despegue D Mínimo	1414,7	277,9	
Par 4	Fuerza Oscilación D máximo	1083,9	296,7	0,599
	Fuerza Oscilación D Mínimo	1132,1	422,8	

Tabla 4. Fuerzas de frenado, fuerzas de propulsión, fuerzas de despegue, y fuerzas de oscilación con ambos *drops* en el pie izquierdo.

		Media	Desviación típ.	P
Par 1	Fuerza Frenado I Drop Máximo	157,4	43,3	0,921
	Fuerza Frenado I Drop Mínimo	156,5	38,94	
Par 2	Fuerza Propulsión I Drop Máximo	151,5	38,2	0,488
	Fuerza Propulsión I Drop Mínimo	158,2	31,1	
Par 3	Fuerza Despegue I Drop Máximo	1379,3	391,1	0,505
	Fuerza Despegue I Drop Mínimo	1428,3	347,3	
Par 4	Fuerza Oscilación I Drop Máximo	1128,1	330,8	0,761
	Fuerza Oscilación I Drop Mínimo	1110,9	380,6	

Discusión

El objetivo de este estudio fue comparar las fuerzas de reacción del suelo en corredores habituales con dos tipos de *drop*, no encontrándose diferencias en las fuerzas de reacción del suelo, pero si en el tiempo de contacto del pie con el suelo

Diferentes partes del calzado, como la suela, el corte, etc. tienen repercusión biomecánica en la carrera¹¹. Una característica intrínseca de la zapatilla, como el *drop*, (en las medidas estudiadas) no afectó de manera considerable a las fuerzas de reacción del suelo en la carrera. No obstante, según Logan *et al*¹² zapatillas más ligeras provocarían mayor impacto de las fuerzas de reacción del suelo sobre el organismo.

El tiempo de apoyo tendió a aumentar con un *drop* mayor, ya que el pie necesita más tiempo para hacer mayor flexión dorsal a la hora de abordar el choque de talón. Esto provocaría el mayor tiempo de contacto del pie en el suelo.

Con los resultados observamos una correlación entre velocidad de apoyo y tiempo de apoyo sólo en el derecho. No obstante el pie izquierdo no presentó diferencias significativas entre las dos variables, pudiéndose explicar con una posible dominancia del hemisferio derecho en los corredores analizados. (Tabla 2).

En nuestro estudio los dos pares de zapatillas aportadas por los corredores fueron de similar peso, aunque con diferente *drop*. Sin embargo, no solicitamos zapatillas de competición, que son mucho más ligeras. Pensamos que este hecho pudo influir en que los corredores

no presentaron diferencias en las fuerzas de reacción del suelo. Quizás, pidiendo un tercer par de zapatillas, de competición, se podrían haber visto modificaciones.

En el estudio de Verdejo y Mills¹³ sobre las interacciones y la durabilidad del EVA en las mediasuelas del calzado específico del running se habla de que a mayor material en la mediasuela, menor impacto de las fuerzas de reacción del suelo. Sin embargo ellos estudiaron el grosor de toda la suela, y nosotros solo el talón.

En nuestra muestra no se observaron relaciones significativas entre los valores antropométricos y las variables cinéticas de la marcha, por lo que, la antropometría no parece tener una gran influencia en las fuerzas de reacción del suelo.

Como limitaciones del estudio, encontramos que no se pudo contar con los mismos modelos de zapatillas para ambos *drops*. Tampoco se pudo comprobar el estado de desgaste de las zapatillas. Estos hechos pueden sesgar los resultados obtenidos, por lo que los resultados se deben tomar con cautela.

Del mismo modo, la antropometría de cada corredor pudo haber influenciado los resultados, por lo que en posteriores estudios se pretende homogeneizar la muestra para no encontrar estas limitaciones.

Conclusiones

Las zapatillas con menor *drop* influyen en la cinética de la carrera, acortando el tiempo de apoyo de la zapatilla con el suelo. Sin embargo,

ni las características antropométricas, ni llevar diferente *drop* en las zapatillas influyó en las fuerzas de reacción del suelo

Bibliografía

1. Izquierdo M. *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Panamericana; 2008:98-101.
2. Queen RM, Abbey AN, Wiegerinck JI, Yoder JC, Nunley JA. Effect of shoe type on plantar pressure: A gender comparison. *Gait posture*. 2010;18-22.
3. Van der Wall. Long-distance running: running for a long life. *Neth Heart J*. 2014;22:89-90.
4. Rossi WA. Why Shoes Make "normal" gait impossible. *Podiatr Manag*. 1999;50-61.
5. Kulmala JP, Korhonen MT, Kuitunen S, Suominen H, Heinonen A, Mikkola A, Avela J. Which muscles compromise human locomotor performance with age? *JRSoc Interface*. 2014;11(100):858-61.
6. Horvais N, Samozino P. Effect of midsole geometry on foot-strike pattern and running kinematics. *Footwear Sci*. 2013;5(2):81-8.
7. Chien HL, Lu TW, Liu MW. Effects of long-term wearing of high-heeled shoes on the control of the body's center of mass motion in relation to the center of pressure during walking. *Gait Posture*. 2014;39(4):1045-50.
8. Moreno AV, Gutiérrez E, Pérez JC. Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría. *Rev Ingen Biomed*. 2008;2(3):16-26.
9. Cauthon DJ, Langer P, Coniglione TC. Minimalist shoe injuries: Three case reports. *The foot*. 2013;1-4.
10. IBV. NedSVE/IBV Sistema de Valoración del equilibrio. Valencia: Universidad politécnica de Valencia; 2010:123-5.
11. Fernández Villarejo M, Gijón Noguero G. Factores del calzado deportivo de carrera que influyen en la práctica deportiva: revisión sistemática. *Arch Med Deporte*. 2014;31(1):41-50.
12. Logan S, Hunter I, Hopkins JT, JT, Feland JB, Parcell AC. Ground reaction force differences between running shoes, racing flats, and distance spikes in runners. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2010;9:147-53.
13. Verdejo R, Mills NJ. Heel-shoe interactions and the durability of EVA foam running-shoe midsoles. *Journal of biomechanics*. 2004;37:1379-86.