

ANÁLISIS PRE MUNDIAL DEL PASO DE UN MARCHISTA DE ELITE EN PISTA ELECTRÓNICA

PRE-WORLD COMPETITION ANALYSIS OF THE STEP
OF A RACEWALKER ON ELECTRONIC TRACK

ANÁLISE PRÉMUNDIAL DO PASSO
DE UM MARCHISTA DE ELITE EM PISTA ELETRÔNICA

Marco Vinicio Campaña Bonilla¹

1 Ph.D. in Physical Education and Sports Coaching. Catedrático, Physical Education and Sports Department, Dongguan University of Technology, Dongguan, China. E-mail: ramones.12@live.com ; cb@dgut.edu.cn

Campaña Bonilla, M. V. (2019). Análisis pre mundial del paso de un marchista de elite en pista electrónica. *Educación Física y Deporte*, 38(2), 383-394. Jul.-Dic. <http://doi.org/10.17533/udea.efyd.v38n2a10>

10.17533/udea.efyd.v38n2a10

URL DOI: <http://doi.org/10.17533/udea.efyd.v38n2a10>

Artículo de investigación

RESUMEN

Problema: en el mundial, los marchistas participan con el más alto nivel de ejecución técnica y con las mejores condiciones físicas, por lo que el análisis de los pasos de un marchista es clave para la obtención de un resultado óptimo. **Objetivo:** analizar la técnica del paso de un marchista de elite y el comportamiento de las variables de la marcha atlética, pre competencia al mundial de atletismo. **Método:** al deportista se le aplicó una prueba en una pista electrónica, evaluando las variables cinemáticas: longitud de paso, frecuencia de pasos, tiempo de vuelo y velocidad. Se utilizó ANOVA para determinar diferencias significativas ($p \leq 0.05$). **Resultados:** en las tres pruebas realizadas, todas las variables incrementaron significativamente, aunque la diferencia más significativa se encontró entre tiempo de vuelo y frecuencia de pasos $p=0.0000001$, $p < 0.05$. **Conclusión:** debido a que el tiempo de vuelo se incrementa rápidamente, se debe cuidar que no influya en la ejecución técnica del marchista para que sea más efectiva y así evitar una amonestación o descalificación.

PALABRAS CLAVE: marcha atlética, análisis biomecánico, deporte de elite, técnica deportiva.

ABSTRACT

Problem: In the World Athletics Championships, the racewalkers participate with the highest level of technical execution and with the best physical conditions, so the analysis of the steps of a racewalker is key to obtain an optimal result. **Objective:** To analyze the technique of an elite racewalker and the behavior of the variables of the athletic racewalking, pre-competition to the World Athletics Championships. **Method:** A test on an electronic track was given to one athlete, evaluating the kinematic variables: step length, step frequency, flight time, and speed. ANOVA was used to determine significant differences ($p \leq 0.05$). **Result:** In the three tests carried out, all the variables increased significantly, although the most significant difference was found between flight time and step frequency $p = 0.0000001$, $p < 0.05$. **Conclusion:** Since the flight time increases rapidly, it must be careful that this not influence the technical execution of the racewalkers, to be more effective, and thus avoid a warning or disqualification.

KEYWORDS: racewalking, biomechanical analysis, elite sport, sports technique.

RESUMO

Problema: No mundial, os marchistas participam com o maior nível de execução técnica e com as melhores condições físicas, é por isso que a análise dos passos de um marchista é a chave para a obtenção de melhores resultados. **Objetivo:** analisar a técnica de passo de um marchista de elite e o comportamento das variáveis da marcha atlética, pré-competição rumo ao mundial de atletismo. **Método:** um teste foi aplicado em uma pista eletrônica de um marchista e se estudaram as seguintes variáveis cinemáticas: o comprimento do passo, a frequência de passos, o tempo de voo e a velocidade. ANOVA foi utilizada para determinar as diferenças significativas ($p \leq 0.05$). **Resultados:** Em todos os três testes realizados, todas as variáveis aumentaram significativamente, embora a diferença mais significativa foi encontrada entre o tempo de voo e a frequência de passos $p = 0.0000001$, $p < 0,05$. **Conclusão:** Porque o tempo de voo aumenta rapidamente, deve ser assegurado que não tenha nenhuma influência sobre a execução técnica do marchista, para que seja mais eficaz e, assim, evitar uma advertência ou desqualificação.

PALAVRAS-CHAVE: marcha atlética, análise biomecânico, esporte de elite, técnica esportiva.

INTRODUCCIÓN

La marcha atlética (MA) se caracteriza por tener una reglamentación específica que juzga la ejecución técnica de los marchistas, basada en la observación de los jueces, donde no debe ser visible al ojo humano la pérdida de contacto de los pies con el suelo, y la pierna de apoyo debe permanecer extendida sin flexionar la rodilla (IAAF, 2018, p.6; Hanley & Drake, 2007). Durante los campeonatos mundiales, los jueces observan la correcta ejecución técnica de los marchistas, y en muchos casos los atletas son amonestados por realizar una técnica inadecuada (Wang, 2010, p.46). De esta forma, la MA se ha convertido en objeto de análisis de múltiples investigaciones. En el estudio de Padulo et al. (2013), se determinó que la MA puede provocar un mecanismo de sobrecarga articular de rodilla, y esta condición, durante un tiempo prolongado, también puede generar dificultades para la correcta ejecución técnica. Por esta razón, los marchistas deben tener una gran capacidad física y técnica para mantener la técnica adecuada y evitar su descalificación (Jing, 2013, p.40). En la investigación de Gutiérrez et al. (2007, p.739) se realizó un análisis biomecánico en atletas, determinando resultados de longitud de paso (LP) pierna derecha (PD)= 0.87 ± 0.68 metros (m), LP pierna izquierda (PI)= 0.83 ± 0.31 m.

Hanley & Drake (2007) estudiaron los efectos de la fatiga en marchistas sénior, hallando como resultados: LP= 1.11 ± 0.10 y 1.12 ± 0.10 m; los investigadores también analizaron el tiempo de vuelo (TV), entre otras variables. Smith & Hanley (2013) estudiaron la fase de péndulo de la MA analizaron, considerando las variables: velocidad (V)= 3.53 ± 0.18 m/s, LP= 2.29 ± 0.10 m, y además el TV= 0.04 ± 0.01 s. Padulo et al. (2013) analizaron el paso en MA con marchistas de elite, tomando en cuenta variables con diferentes elevaciones y velocidades, reportando que, a medida que la velocidad y la elevación se aumentaba, también se incrementaba la LP= 1.15 ± 0.05 pero, así mismo, en el mo-

mento de mayor elevación, se disminuía la LP= 1.06 ± 0.07 y, por el contrario, la frecuencia de paso (FP)= 3.63 ± 0.16 se incrementaba, hasta llegar a una FP= 3.95 ± 0.18 .

Las variables LP, V, TV, FP, se pueden obtener con fórmulas en el campo y también por medio de una pista electrónica, y es necesario determinarlas para conocer el estado de la técnica de un marchista de elite. El presente estudio tiene como objetivo analizar la técnica del paso de un marchista de elite, y el comportamiento de las variables de la marcha atlética, pre competencia a un mundial de atletismo. Se planteó como hipótesis que el TV influye negativamente en el resultado de los valores de la otras variables. Además, el estudio provee datos técnicos y precisos sobre la técnica de la marcha de elite.

METODOLOGÍA

Características del Deportista Elite de MA

Se evaluó a un deportista de elite ($n=1$) de 33 años, 1.65 metros de estatura, y $20.2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ de índice de masa corporal. El marchista fue seleccionado por sus resultados y ranking a nivel internacional, no se realizó alteración nutricional y no presentaba lesiones. El laboratorio de Ciencias del Deporte en la Universidad del Deporte de Beijing aprobó la ejecución de la investigación y la obtención de los datos. El deportista fue informado sobre las características del estudio, aceptó las condiciones y asistió voluntariamente al laboratorio.

Al momento de realizar el estudio, el deportista se encontraba en el periodo competitivo previo, a 4 días de su competencia en los 20 km y 50 km Marcha en el Campeonato Mundial de Atletismo de la IAAF (ahora World Athletics) de 2015. El sujeto había completado 9 años de experiencia competitiva a nivel mundial, habiendo participado en 2 Juegos Olímpicos, 6 Copas del Mundo de Marcha (ahora Campeonato Mundial por Equipos

de Marcha), y 5 Campeonatos Mundiales de Marcha. El sujeto obtuvo el décimo lugar en los 50 km Marcha en el Campeonato Mundial del 2011 en Daegu Korea, y obtuvo el segundo lugar en los 20 km Marcha en los Juegos Universitarios Mundiales de 2011 en Shenzhen China, siendo estos sus mejores resultados en eventos mundiales hasta la fecha en que se realizó este estudio.

Procedimiento

El test se realizó en agosto de 2015, en la Pista Electrónica del Laboratorio de Ciencias del Deporte de la Universidad del Deporte de Beijing. Para el proceso de análisis de paso, el marchista tenía que realizar la MA en una pista electrónica de 50 m a ritmo de competencia en los 20 km (4 - 4:20 minutos/km, 4.16 - 3.8 m/s); al evaluador dar la señal de salida, el marchista, ubicado antes de donde inician los sensores de la pista electrónica, debía empezar el primer apoyo con la PD. El marchista vestía ropa y tenis deportivos de acuerdo con el periodo de competencia y la disciplina de MA. Las variables cinemáticas analizadas fueron: LP (metros), FP (pasos por segundo), TV (segundos), V (metros/segundos). La pista electrónica tiene una distancia de 50 m, y es de material tartán sintético. Los sensores se encuentran ubicados en la parte inferior de la pista, y se activan cuando los pies del atleta hacen contacto con la superficie de la pista. Los datos son transmitidos desde la pista a través de un cable conectado hacia una computadora ubicada en la parte lateral y al final de la pista. Otro evaluador controló el inicio y finalización de la prueba en la computadora. El investigador recolectó los datos por medio del software de la pista electrónica al finalizar cada prueba realizada. La prueba fue aplicada 3 veces, con un tiempo de descanso de 5 minutos entre cada repetición.

Análisis Estadístico

Los datos son presentados con promedio (P) \pm desviación estándar (DE), correlación de Pearson entre las variables: TV, LP,

FP y V. También se utilizó ANOVA para determinar diferencias significativas entre TV, LP, FP y V. El nivel de significación fue $p \leq 0.05$. Los análisis y cuadros estadísticos fueron desarrollados con Excel 2010.

RESULTADOS

La cantidad de pasos realizados en las tres pruebas fueron: 1er test= 36, 2do test= 35, 3er test= 34. Los valores anormales de los pasos de la PD y PI que fueron determinados por la pista electrónica, no fueron considerados en el estudio. En la tabla 1 se presentan los resultados de la prueba en la pista electrónica.

La correlación entre TV y LP es positiva $r = 0.87$, con un P y DE para TV = 0.088 ± 0.004 y para LP = 1.187 ± 0.040 , $p = 0.000001$ presenta un incremento significativo entre TV y LP $p < 0.05$, 95 % de confianza, valor crítico para $F(F_{crit}) = 7.70$, $F > F_{crit}$. TV y FP también presentan una correlación positiva $r = 0.79$, P y DE de FP = 3.430 ± 0.074 , $p = 0.0000001$ es significativa, $F_{crit} = 7.70$, $F > F_{crit}$. TV y V $r = 0.85$, el valor P y DE para V = 4.075 ± 0.023 , $p = 0.000006$ representa una diferencia significativa en relación con $p < 0.05$, $F_{crit} = 7.70$, $F > F_{crit}$.

Tabla 1. Datos obtenidos de la prueba en la pista electrónica (promedio \pm desviación estándar de las variables estudiadas).

	Tiempo de Vuelo (s)	Longitud de Paso (m)	Frecuencia de Paso (p/s)	Velocidad (m/s)
1er Test	0.086	1.152	3.357	3.870
2do Test	0.085	1.179	3.428	4.042
3er Test	0.092	1.230	3.505	4.312
Promedio \pm DE	0.088 ± 0.004	1.187 ± 0.040	3.430 ± 0.074	4.075 ± 0.023

Se realizó ANOVA entre, y todos los grupos de variables, obteniendo $p=0.0000000004$, valor que representa una diferencia muy significativa sobre $p<0.05$, $F_{crit}=4.06$, $F>F_{crit}$. Al realizar el análisis de las varianzas de todas las variables, se demuestra que no existe ningún tipo de similitud entre sus promedios.

En los 3 test realizados, las variables TV, LP, FP y V obtuvieron incrementos estadísticamente muy significativos; sin embargo, TV y LP $p<0.05$ fue menos significativo que TV y FP, TV y V, aunque la diferencia más significativa se encontró en TV y FP $p=0.0000001$, $p<0.05$. Por otro lado, en todas las variables se obtuvo el mismo $F_{crit}=7,70$ y $F>F_{crit}$, y de esta forma se rechaza la hipótesis nula (todos los promedios son iguales), y se demuestra una diferencia significativa entre los promedios de las variables.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo investigar la correlación entre las variables TV, LP, FP y V de la MA en un marchista de elite, evaluado en una pista electrónica, previo a un campeonato mundial. Se investigó la correlación de TV y LP, FP y V entre todas las variables, y de forma independiente, para determinar diferencias significativas (Hanley et al., 2015), lo que permite incrementar el conocimiento científico en el proceso de entrenamiento sobre el comportamiento de las variables de la MA, las mismas que influyen directamente en la ejecución técnica de los marchistas de elite.

De acuerdo con la regla 230 de la MA, la pérdida de contacto de ambos pies con el suelo se considera una falta; ese momento es el TV, que ya ha sido estudiado por otros investigadores (Hanley, 2013; Hanley & Drake, 2015; Pavei et al., 2014). En este estudio se consideró que el TV podía producir el incremento de una, o todas las variables LP, FP y V, y a su

vez el análisis de cada una permitió determinar que hubo un incremento de todas las variables (Pavei & La Torre, 2016), y que tienen gran influencia en la ejecución técnica del marchista durante la competencia. Los resultados demuestran que el TV se incrementó significativamente en el 3er test $TV= 0.092$ s; científicos chinos plantean un $TV= 0.042$ a 0.070 s (Wang, 2010) como el adecuado para que el TV no pueda estar al alcance del ojo humano, y de esta forma evitar una amonestación por parte de los jueces en la competencia. Sin embargo, el TV en el 1er test fue 0.001 s mayor al 2do test, lo que no indica una variación progresiva, pues todos los valores obtenidos de TV todavía se mantuvieron por encima de los valores propuestos para evitar una amonestación.

En la correlación de TV y LP, se determinó una diferencia significativa y un aumento progresivo de la LP. El incremento más significativo se produjo en el 3er test para ambas variables, donde $LP= 1.230$ m está acorde con el rango de marchistas de elite en competencias mundiales (Preatoni et al., 2010). Se planteó al inicio que existía la posibilidad de que, si LP aumentaba, FP podría disminuir, pero los resultados demostraron que ambos incrementaron progresivamente. El valor $FP= 3.505$ p/s obtenido en el 3er test, también está acorde con el rango de campeones mundiales y olímpicos (Wang, 2010). En la correlación de TV y V, se comprobó que, a medida que aumenta la V durante la ejecución técnica de la MA, el TV también, y hay una evidente pérdida de la efectividad técnica del marchista; la V del 3er test se incrementó en 0.441 m/s con relación al 1er test, lo que puede influir positivamente en el resultado del marchista durante una competencia, pero el $TV=0.092$ s en el 3er test puede ser muy visible para los jueces y conducir a amonestación por flotación.

Con respecto a las otras variables, se consideró que con el incremento de V, la LP podía disminuir, pero se comprobó que el marchista presentó un incremento progresivo de ambas variables, lo que demuestra que el marchista puede ser rápido y sus

pasos recorren una distancia acorde con los campeones mundiales actuales. De otro lado, en el caso de V y FP, los resultados demuestran que, a medida que incrementa la V, sucede lo mismo con la FP, donde la cantidad de pasos por segundo que da el marchista, tienen una influencia directa en la técnica. Todas las variables, V, LP y FP, presentaron un incremento progresivo, pero a su vez el TV se incrementa rápidamente, siendo este un factor que influye directamente en el resultado final, pues la ejecución técnica del marchista puede ser muy efectiva en el caso que se controlen los valores del TV durante la prueba.

Por otra parte, en la ejecución técnica de la MA, lo más importante es que el marchista mantenga un control sobre la LP y la FP, los pies no pueden perder el contacto con el suelo y no deben ser visibles al ojo del juez (Lee et al., 2013), pero el incremento de la V provoca que el marchista comience a perder el contacto con el suelo y, de esta forma, el incremento del TV es cada vez mayor, afectando el gesto técnico de la MA, pues, a mayor V, existe menor control de la efectividad del TV. Durante la competencia, el marchista puede realizar cambios de ritmo, por lo que el control y la coordinación entre LP, FP y V son fundamentales para buscar la perfección técnica de la MA; en este caso, el marchista busca recorrer mayor distancia con cada paso y la V de desplazamiento influye positivamente, pero no existe un balance entre LP, V y FP, debido a que la FP también se incrementa, y el TV es el que queda en medio de la ejecución del primer apoyo al segundo apoyo. Como se ha mencionado, una vez que el marchista no alcance a mantener ambos pies en el suelo debido al efecto producido por el incremento de todas las variables sin control adecuado durante el proceso de entrenamiento técnico, podría recibir amonestaciones en la competencia o incluso una descalificación, más aun si se encuentra ubicado en las primeras posiciones, porque los jueces tienen mayor control visual de la ejecución técnica del marchista.

CONSIDERACIONES FINALES

A partir de los resultados del presente estudio, se corrobora la estrecha relación entre las variables que intervienen durante la ejecución técnica de la MA. Sin embargo, las características individuales del atleta pueden producir diferentes cambios en las variables V, TV, FP y LP. En este estudio, el TV influyó en el incremento de la V, LP y FP, a la vez que afectó la ejecución técnica del marchista y se produjeron alteraciones que pueden ser visibles para los jueces durante la competencia. Los atletas y entrenadores de MA podrían considerar este tipo de evaluación técnica para valorar las variables de la MA, y con base en ella realizar ajustes técnicos en una o varias variables. Debido a que la MA es una disciplina altamente técnica, los atletas y entrenadores podrían utilizar la información y aplicación de este tipo de análisis en momentos determinados del plan de entrenamiento, los atletas podrían evitar la descalificación o amonestaciones innecesarias, así como también mejorar su rendimiento deportivo.

REFERENCIAS

1. Gutiérrez, D., Riveros, M., & Escobar J. (2007). Caracterización biomecánica de la marcha atlética con análisis 3D. In C. Müller, S. Wong & A. La Cruz (eds), *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*. IFMBE Proceedings, vol 18. Springer, Berlin, Heidelberg.
2. Hanley, B. (2013). Kinematic characteristics of elite men's 50 km race walking. In *1st European Race Walking Conference*. United Kingdom: Leeds Beckett University Press.
3. Hanley, B., Bissas, A., & Drake, A. (2015). The contribution of the flight phase in elite race walking. In *33rd International Conference on Biomechanics in Sports*, 941-944. United Kingdom.
4. Hanley, B., & Drake, A. (2007). The effects of fatigue on race walking technique. In *XXV ISBS Symposium*, 256-259.
5. Hanley, B. (2015). Gait alterations during constant pace treadmill race walking. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2142-2147.

6. IAAF International Association of Athletics Federations (2016). *Race Walking. A guide to judging and organizing*. World Athletics.
7. Jing, L. (2013). *Study on Chinese elite race-walking athletes of the training content system*. Qujing Normal University. <http://gb.oversea.cnki.net/KCMS/detail/detailall.aspx?filename=zgtk201010001168&db-code=IPFD&dbname=IPFD2015>
8. Lee, J., Burkett, B., James, D., & Mellifont, R. (2013). Detection of illegal race walking: a tool to assist coaching and judging. *Sensors*, 13(12), 16065-16074.
9. Padulo, J., D'Ottavio, S., Vernillo, G., Smith, L., Migliaccio, M., & Tihanyi, J. (2013). Footstep analysis at different slopes and speeds in Elite race walking. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 125-129.
10. Pavei, G., & La Torre, A. (2016). The effects of speed and performance level on race walking kinematics. *Sport Sciences for Health*, 12(1), 35-47.
11. Pavei, G., Cazzola, D., La Torre, A., & Minetti, A. (2014). The biomechanics of race walking: literature overview and new insights. *European Journal of Sports Sciences*, 14(7), 661-670.
12. Preatoni, E., Donà, G., Hamill, J., Rodano, R., & Ferrario, M. (2010). Motor variability in sports: a non-linear analysis of race walking. *Journal of Sports Sciences*, 28(12), 1327-1336.
13. Smith, L., & Hanley, B. (2013). Comparisons between swing phase characteristics of race walkers and distance runners. *International Journal of Exercise Science*, 6(4), 273.
14. Wang, L. (2010). *Entrenamiento y técnica de la marcha en la actualidad*. Beijing: Beijing Sport University Press.