

Análisis del rendimiento en competición entre corredores de 100 metros lisos de diferente nivel

Performance analysis in competition between athletes 100 meters dash athletes of different levels

Pablo Floría Martín

Universidad Pablo de Olavide

Amelia Ferro Sánchez

Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

En la literatura existen estudios en los que se compara la técnica y el rendimiento de atletas de muy diferente nivel técnico; sin embargo, estos estudios resultan poco relevantes para los atletas de alto nivel. El atleta bien entrenado y con buena marca que no gana una competición necesita conocer qué necesita para lograr mejorar su marca con relación al campeón. El propósito de este estudio fue llevar a cabo un análisis del rendimiento de atletas bien entrenados y con marcas de nivel nacional, participantes en la prueba de 100 metros lisos (100 m) para obtener criterios biomecánicos con los que poder comparar aquellos más rápidos con los menos rápidos y determinar en qué fase de la carrera se produce la desventaja. Se analizaron los 14 hombres, corredores de 100 m participantes finalistas en dos Campeonatos de España. Mediante técnicas de fotogrametría bidimensional, se llevó a cabo un análisis cinemático en tramos de diez metros a lo largo de la carrera. Los resultados indicaron que el tiempo empleado en los tramos 0-10 m y 20-30 m, pertenecientes a la fase de aceleración, fue mayor en los menos rápidos (2.04 vs. 1.93 s, $P = 0.003$, y 1.01 vs 0.98 s, $P = 0.031$, respectivamente). Del mismo modo, los menos rápidos emplearon más tiempo en recorrer el tramo 80-90 m de la fase de deceleración (0.97 vs. 0.92 s, $P = 0.014$). Las velocidades máximas se alcanzaron entre los tramos 40-50 m y 50-60 m no encontrándose diferencias significativas entre corredores. Estos resultados soportan la hipótesis de que para vencer en una carrera de 100 m se debe aumentar la aceleración en las distancias anteriores a los primeros 10 metros de la carrera puesto que los atletas menos rápidos corren solo al 44,6% de su máxima, mientras que los más rápidos lo hacen al 47%. En el tramo de 80-90 m los corredores menos rápidos pierden el 5,6% de su velocidad máxima mientras que los más rápidos pierden solo el 2%. Estos datos permitirán hacer ajustes individuales en el entrenamiento con objeto de mejorar las desventajas que se producen en competición.

Palabras clave: rendimiento; atletismo; carrera; cinemática; competición; fotogrametría.

Abstract

In the literature there are studies that compare the technique and performance of athletes of very different level, but these studies are not relevant for elite athletes. The well-trained athlete with good records who do not win competitions, must know what needs to achieve to improve their record with respect to the champion. The purpose of this study was to conduct an analysis of well-trained athletes, finalists in the 100 metres of the national championship in order to obtain biomechanical criteria to compare faster athletes with slower athletes and thus determine in which section causes of disadvantage. Were analyzed 14 men, 100 m finalists in two Spanish championships. Using two-dimensional photogrammetric technique carried out a kinematic analysis on sections of ten meters along the race 100 m. The results indicated that the time spent in sections 0-10 m and 20-30 m, in the acceleration phase, was higher in slower athletes (2.04 vs. 1.93 s, $P = 0.003$, and 1.01 vs. 0.98 s, $P = 0.031$, respectively). Similarly, slower athletes spent more time to travel the 80-90 m section of the deceleration phase (0.97 vs. 0.92 s, $P = 0.014$). The maximum speeds were reached between 40-50 m and 50-60 m sections but no significant differences were found between athletes. These results support the hypothesis that to win in a 100 m, the acceleration should be increased in the first 10 meters of the race since the slower athletes run only 44.6% of their maximum speed, while the faster athletes do 47% of their maximum speed. In the section of 80-90 m slower athletes lost 5.6% of its maximum speed, while the fastest athletes lose only 2%. These data will make individual adjustments in training to improve the handicaps that occur in competition.

Key words: performance; track and field; running; kinematics; competition; photogrammetry.

Correspondencia/correspondence: Pablo Floría Martín

Universidad Pablo de Olavide, Ctra. de Utrera, km. 1 41013, Sevilla. España

E-mail: pfloriam@upo.es

Introducción

Las carreras de velocidad han sido estudiadas en la literatura científica desde una perspectiva cinemática con el objetivo de mejorar el rendimiento de los atletas mediante el diseño de estrategias de actuación individualizadas (Ae, Ito, y Suzuki, 1992; Brüggemann y Glad, 1990; Brüggemann, Koszewski, y Müller, 1999; Ferro, Rivera, Pagola, Ferreruella, y Rocandio, 2001; Ito, Ishikawa, Isolehto, y Komi, 2006; Korhonen, Mero, y Suominen, 2003; Landry, 1987; Letzelter, 2006; Maćkala, 2007; Moravec y col., 1988). Los 100 metros lisos (ml) es una de las pruebas atléticas que mayor interés despiertan en el ámbito del atletismo debido a las elevadas velocidades máximas que alcanzan los atletas. Los análisis de la competición se han centrado en estudiar la velocidad en tramos de 10 m así como la frecuencia y longitud de zancada empleadas durante esos tramos. En ciertos estudios se ha dividido la carrera en tres grandes fases: Fase de Aceleración, Fase de Velocidad Máxima y Fase de Deceleración (Mero, Komi, y Gregor, 1992). Una vez que el atleta ha despegado de los tacos de salida comienza la Fase de Aceleración, donde el corredor incrementa intensamente su velocidad aumentando la frecuencia y longitud de zancada. A continuación comienza la Fase de Velocidad Máxima, en la que la velocidad de carrera sigue aumentando pero con una menor tasa de incremento en comparación con la fase anterior. Y por último se produce la Fase de Deceleración, en la que se origina una pérdida de velocidad respecto de la máxima alcanzada en la fase anterior. Aunque esta estructura en tres fases es aceptada por varios autores (Gajer, Thepaut-Mathieu, y Lehenaff, 1999; Mero y col., 1992; Moravec y col., 1988), recientemente (Maćkala, 2007) han propuesto una estructura más compleja que divide el evento en siete fases: Fase I: Aceleración Inicial (0-20 m); Fase II: Segunda Aceleración (20-40 m); Fase III: Pico Inicial de Velocidad (40-50 m); Fase IV: 1ª Regulación de Velocidad (50-60 m); Fase V: 2ª Regulación de Velocidad (60-70 m); Fase VI: Máxima Velocidad (70-80 m); Fase VII: Deceleración (80-100 m). Otros autores como (Brüggemann y Glad, 1990) y (Ferro y col., 2001) en sus análisis de competición por tramos de 10m valoraron el tramo de 30 - 50m como Fase de Aceleración y el de 80 - 100m como Fase de Deceleración, respectivamente.

Durante la competición el velocista debe reaccionar rápidamente, acelerar rápido y durante el mayor tiempo posible, lograr la máxima velocidad, mantenerla durante el mayor tiempo posible y minimizar la pérdida de velocidad (Letzelter, 2006). Mientras que estas acciones se suelen producir en todos los velocistas indistintamente de su nivel, es en la duración y calidad de éstas donde se pueden observar las diferencias entre atletas. Si se compara a velocistas de categoría mundial con otros de inferior nivel, se observa que los primeros son superiores desde el inicio de la prueba e incrementan su ventaja continuamente hasta el final; aceleran más y durante más tiempo; alcanzan una mayor velocidad máxima y la mantienen durante más tiempo; recorren más de 70 m a una velocidad superior a los $11.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y aunque también muestran una marcada deceleración en los últimos 20 m, consiguen cruzar la meta a una velocidad superior a los $11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Ferro y col., 2001; Letzelter, 2006; Maćkala, 2007).

Conocer las diferencias entre grupos de muy desigual categoría puede ser útil para entrenadores y atletas de niveles medios y bajos y utilizarlas como referencia para enfocar el entrenamiento. Sin embargo, no es relevante para el entrenador y deportista de alto nivel debido a que el resultado de una competición generalmente está determinado por pequeñas diferencias en el rendimiento. Conocer esas pequeñas diferencias entre el ganador y el resto de competidores diseccionando al máximo la carrera es de considerable interés. Sin embargo, a pesar de la obvia importancia de este aspecto, son escasos los estudios encontrados en la literatura que aborden este tema.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue hallar en qué tramos se producen las diferencias entre los atletas más rápidos y menos rápidos en la prueba de 100 m. Para lograrlo se llevó a cabo un análisis cinemático por tramos de 10 m en atletas finalistas de dicha prueba en campeonatos nacionales.

Material y métodos

Participantes

Se analizaron las finales de 100 m masculinos de categoría senior de dos Campeonatos de España al aire libre. Los participantes en el estudio fueron 14 hombres, finalistas de dichas competiciones. Debido a que en ambas finales el último clasificado se retiró durante el transcurso de la prueba, se seleccionaron a los atletas con los siete mejores tiempos de cada final. Los participantes se dividieron en dos grupos: atletas más rápidos y atletas menos rápidos. El criterio elegido para formar los grupos fue el tiempo oficial de la prueba. Los siete atletas con mejores tiempos formaron el grupo de los más rápidos y los siete siguientes tiempos los atletas menos rápidos. Antes de cada campeonato, los atletas dieron su consentimiento informado a participar en este estudio.

Técnicas instrumentales

Para la filmación de las carreras se utilizaron seis videocámaras SVHS a una frecuencia de filmación de 50 Hz (*Panasonic NV-MS4E* y *Panasonic S-VHS AG-DP800HEG*). Éstas fueron conectadas alternativamente a dos sistemas que permitieron filmar y registrar toda la carrera. Cada sistema estuvo compuesto de un magnetoscopio (*Video-Walkman Sony Hi-8 GV-A500-E*) conectado a un conmutador (*Kramer VIS-5X4 Vertical Interval Switcher*) y a un procesador de código de tiempos (*Avitel TPR 1040*). Los dos procesadores de código de tiempos fueron sincronizados electrónicamente. Para analizar las filmaciones se utilizaron una tarjeta capturadora de vídeo (*Matrox RT 2500*) y un programa de edición de vídeo (*Adobe Premier v 5.0*). Se diseñó un programa informático denominado *BioCar* desarrollado en *Excel* que contuvo los algoritmos de cálculo necesarios para analizar las variables y presentar los resultados.

Procedimiento

Para la filmación, las cámaras de vídeo fueron situadas perpendiculares a la pista de atletismo con objeto de registrar el tiempo de paso de cada uno de los atletas por unas referencias situadas cada 10 m. Se diseñó un sistema de referencia bidimensional consistente en un poste cilíndrico vertical de 2 m de altura y 0.20 m de diámetro. Antes de las pruebas se filmó el sistema de referencia en el centro de cada calle y en cada uno de los tramos de 10 m de la pista de atletismo; posteriormente, se filmó a los deportistas participantes en las pruebas sin mover las cámaras. Ambas imágenes, las del sistema de referencia y las de las pruebas, fueron superpuestas para el posterior análisis temporal por tramos.

Para obtener el tiempo de paso de cada atleta se digitalizó el instante de contacto del punto anatómico “pecho” de cada atleta a su paso por el sistema de referencia de su calle correspondiente a cada uno de los tramos de la carrera.

Los datos se introdujeron en la rutina de cálculo *BioCar* para obtener las siguientes variables cinemáticas:

- Tiempo parcial en cada tramo: Intervalo de tiempo empleado en recorrer cada tramo de 10 m (T_{0-10} ; T_{10-20} ; T_{20-30} ; T_{30-40} ; T_{40-50} ; T_{50-60} ; T_{60-70} ; T_{70-80} ; T_{80-90} ; T_{90-100}).

- Tiempo parcial en el tramo de aceleración y de deceleración: intervalo de tiempo empleado en recorrer los tramos de 30 – 50 m y 80 - 100m, respectivamente (T_{30-50} ; T_{80-100}).
- Velocidad media parcial. Valor medio de la velocidad en cada tramo de 10 m (V_{0-10} ; V_{10-20} ; V_{20-30} ; V_{30-40} ; V_{40-50} ; V_{50-60} ; V_{60-70} ; V_{70-80} ; V_{80-90} ; V_{90-100})
- Velocidad media parcial en el tramo de aceleración y deceleración. Valor medio de la velocidad en cada tramo de 30 – 50 m y 80 – 100 m (V_{30-50} ; V_{80-100}).
- Velocidad media de la carrera (AV)
- Velocidad media relativa (VMR): Porcentaje de reducción de la velocidad media parcial de cada tramo respecto a la velocidad media del tramo más rápido de la prueba.

Análisis estadístico

Se aplicó la prueba de la t de Student para comparar medias entre dos grupos independientes. El nivel de significación estadística fue fijado en $P < 0.05$. Las pruebas estadísticas fueron llevadas a cabo con *SPSS versión 18.0*.

Resultados

En la tabla 1 se muestran los valores medios y las desviaciones estándar de los tiempos parciales de cada tramo estudiado y el tiempo oficial así como las diferencias significativas encontradas entre el grupo más rápido y el menos rápido.

Tabla 1. Tiempos parciales de cada tramo (s) y tiempo oficial durante la prueba de 100 ml comparando atletas más rápidos y menos rápidos.

Tiempo parcial	Más rápidos	Menos rápidos	P
T_{0-10} (s)	1.93 ± 0.04	2.04 ± 0.04	<0.001**
T_{10-20} (s)	1.07 ± 0.03	1.02 ± 0.04	0.014*
T_{20-30} (s)	0.98 ± 0.02	1.01 ± 0.02	0.016*
T_{30-40} (s)	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.675
T_{40-50} (s)	0.92 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.069
T_{50-60} (s)	0.91 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.403
T_{60-70} (s)	0.91 ± 0.03	0.95 ± 0.02	0.036*
T_{70-80} (s)	0.91 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.110
T_{80-90} (s)	0.92 ± 0.03	0.97 ± 0.03	0.011*
T_{90-100} (s)	0.96 ± 0.02	0.98 ± 0.02	0.077
T_{30-50} (s)	1.85 ± 0.03	1.86 ± 0.02	0.250
T_{80-100} (s)	1.88 ± 0.03	1.95 ± 0.04	0.003**
$T_{Oficial}$ (s)	10.44 ± 0.13	10.68 ± 0.09	0.002**

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

Tabla 2. Velocidades medias relativas (%) durante la prueba de 100 m comparando a atletas más rápidos y menos rápidos.

Velocidad Media Relativa	Más rápidos	Menos rápidos	<i>P</i>
VMR ₀₋₁₀ (%)	47.0 ± 1.7	44.7 ± 1.3	0.015*
VMR ₁₀₋₂₀ (%)	84.3 ± 3.0	89.6 ± 3.5	0.011*
VMR ₂₀₋₃₀ (%)	92.3 ± 1.7	90.8 ± 2.2	0.189
VMR ₃₀₋₄₀ (%)	97.8 ± 1.1	99.1 ± 1.2	0.062
VMR ₄₀₋₅₀ (%)	98.0 ± 1.9	97.0 ± 2.4	0.400
VMR ₅₀₋₆₀ (%)	99.5 ± 0.6	99.7 ± 0.8	0.670
VMR ₆₀₋₇₀ (%)	99.1 ± 2.4	96.6 ± 2.4	0.068
VMR ₇₀₋₈₀ (%)	99.1 ± 1.0	98.2 ± 1.5	0.202
VMR ₈₀₋₉₀ (%)	98.0 ± 2.4	94.4 ± 2.4	0.016*
VMR ₉₀₋₁₀₀ (%)	94.1 ± 2.0	92.8 ± 2.5	0.313
VMR ₃₀₋₅₀ (%)	97.9 ± 1.3	98.0 ± 1.6	0.898
VMR ₈₀₋₁₀₀ (%)	96.0 ± 0.9	93.6 ± 1.9	0.010*
VMR ₀₋₁₀₀ (%)	86.6 ± 1.3	85.5 ± 1.3	0.127

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

El tiempo oficial de la carrera fue significativamente menor en el grupo más rápido que en el menos rápido (10.44 ± 0.13 s vs 10.68 ± 0.09 s; $P = 0.002$, respectivamente). Sin embargo, en los tiempos parciales por tramos no se encontraron diferencias significativas en todos. Los tiempos de los tramos 0-10, 20-30, 60-70 y 80-90 m fueron significativamente menores en los atletas más rápidos respecto a los menos rápidos. Mientras que en el tramo 10-20 m el tiempo empleado por los atletas menos rápidos fue menor al de los más rápidos. Con relación a los tramos de aceleración y deceleración, solo T_{80-100} resultó significativamente menor en los atletas más rápidos.

En las figuras 1 y 2 se muestran las velocidades medias parciales de cada tramo en los dos grupos. En las mismas figuras, así como en la tabla 2, se presentan los valores de VMR obtenidos en cada tramo con relación a la velocidad alcanzada en el tramo más rápido. En ellas puede observarse cómo tanto los atletas más veloces como los menos veloces poseen la menor velocidad media relativa en el tramo 0-10 m y la máxima en el tramo 50-60 m. Sin embargo, los atletas más veloces poseen tres tramos donde la velocidad media relativa es superior al 99% (50-60, 60-70 y 70-80 m) mientras que los menos veloces lo presentan en dos de ellos (30-40 y 50-60 m).

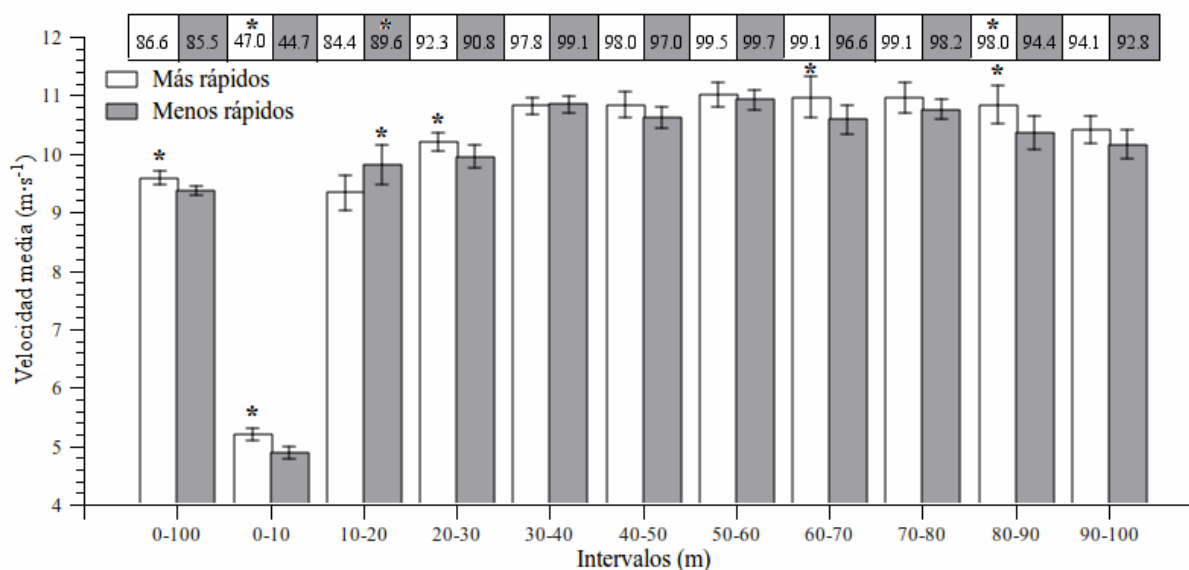


Figura 1. Velocidades medias ($m \cdot s^{-1}$) por tramos de 10 m comparando corredores más rápidos con menos rápidos y porcentajes de velocidades medias relativas a la máxima velocidad alcanzada en el tramo más rápido. * $P < 0.05$.

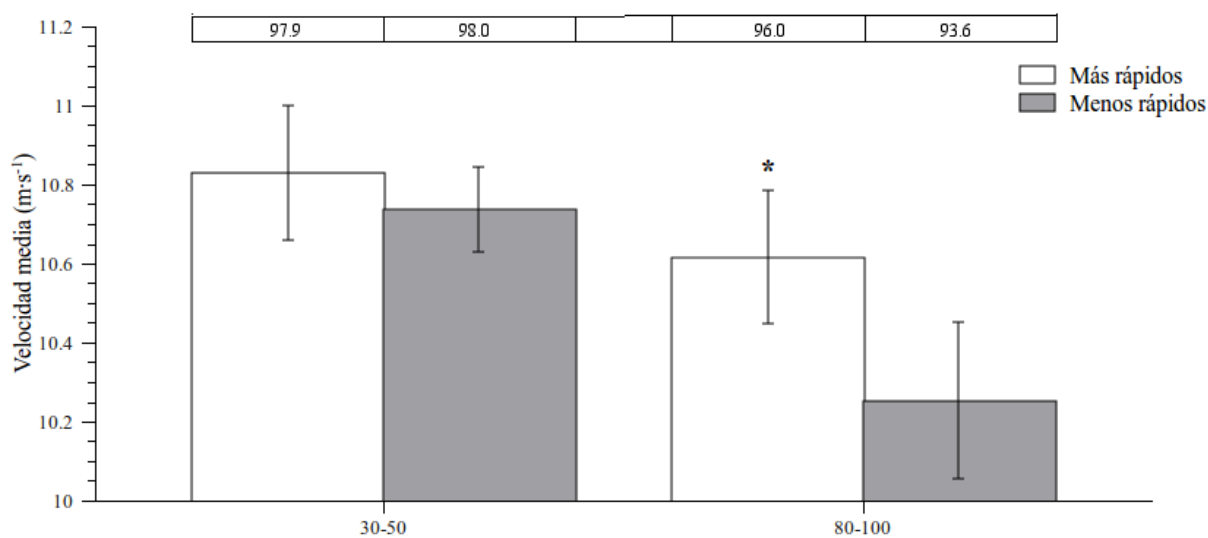


Figura 2. Velocidades medias ($m \cdot s^{-1}$) en los tramos de aceleración y deceleración comparando corredores más rápidos con menos rápidos y porcentajes de velocidades medias relativas a la máxima velocidad alcanzada en el tramo más rápido. * $P < 0.05$.

Discusión

En la carrera de 100 m uno de los principales determinantes del éxito es alcanzar la mayor velocidad posible (Brüggemann y col., 1999; Letzelter, 2006). A pesar de esto, en los resultados de este estudio no se encontraron diferencias en la velocidad máxima entre ambos grupos. Estos resultados están en consonancia con el estudio de (Moravec y col., 1988) que llevaron a cabo en el Campeonato del Mundo de Roma'87 y en el que los autores concluyeron que la velocidad máxima no está siempre correlacionada con el rendimiento en la prueba de 100 m. Esto sugiere que aunque es necesario alcanzar una muy alta velocidad para lograr el éxito, el valor de ésta no es la clave que explique las diferencias entre los corredores más rápidos y los menos rápidos. Por lo tanto, la explicación de las diferencias entre ambos grupos se podría encontrar en cómo se consigue la velocidad máxima y en cómo se mantiene ésta durante la prueba.

Una buena salida y aceleración en los primeros instantes es crítico para lograr un elevado rendimiento en las carreras de velocidad (Maulder, Bradshaw, y Keogh, 2008; Moravec y col., 1988). En los primeros 20 m de carrera ambos grupos mostraron un incremento súbito en la velocidad de carrera llegando a alcanzar el 84.4% y el 89.6% (más rápidos y menos rápidos, respectivamente) de la velocidad media máxima. Fue en los primeros 10 m donde se produjeron las mayores diferencias significativas entre ambos grupos (1.93 ± 0.04 s vs. 2.04 ± 0.04 s; $P < 0.001$). Los corredores más rápidos fueron capaces de realizar la transición desde la posición estática de la salida hasta la carrera libre en menor tiempo, permitiéndoles alcanzar una mayor velocidad relativa en comparación a sus contrincantes menos rápidos. Estos resultados están en consonancia con los reportados por Letzelter (2006) que encontró diferencias en la aceleración de los primeros 10 m entre corredoras juveniles y las de élite mundial. Esta ventaja fue importante puesto que se mantuvo durante toda la carrera, pesar de que en el tramo siguiente (10-20 m) los atletas menos rápidos lograron recorrer el tramo en menor tiempo (1.07 ± 0.03 s vs. 1.02 ± 0.04 s; $P = 0.014$) y su velocidad media relativa al finalizar el tramo fue mayor. Resultan relevantes las diferencias encontradas en el tramo 20-30 m entre los corredores más veloces y los menos veloces (0.98 ± 0.02 s vs. 1.01 ± 0.02 s; $P = 0.016$). Este resultado vuelve a confirmar que los corredores más veloces poseen una mejor capacidad de aceleración puesto que alcanzan velocidades más altas antes. En esta fase de aceleración cabría resaltar que no existieron diferencias significativas entre ambos grupos en el tramo 30-50 m, y que la diferencia con la velocidad media máxima fue del orden del 2%.

Por otro lado, es necesario mantener una alta velocidad de carrera durante el mayor tiempo posible, (Brüggemann y Glad, 1990; Brüggemann y col., 1999; Letzelter, 2006; Moravec y col., 1988). Durante la fase de velocidad máxima, los corredores más rápidos fueron capaces de mantener una velocidad considerablemente alta (valores de VMR por encima del 99%) en tres de los tramos analizados (50-60, 60-70 y 70-80 m), mientras que los menos rápidos sólo la mantuvieron en dos de ellos (30-40, 50-60 m). Siguiendo el razonamiento de la necesidad de mantener una alta velocidad estuvieron las diferencias encontradas en los tramos 60-70 m (0.91 ± 0.03 s vs 0.95 ± 0.03 s; $P = 0.036$). Los atletas más rápidos emplearon un menor tiempo en recorrer estos tramos retrasando así el inicio de la pérdida de velocidad. Ambos resultados sugieren que los corredores más rápidos para vencer a los menos rápidos mantuvieron una velocidad considerablemente más alta durante más tiempo.

Uno de los objetivos de los corredores para los lograr el menor tiempo posible en la prueba de 100 m es minimizar la pérdida de velocidad causada por el cambio de metabolismo alactácido a láctico (Letzelter, 2006). Para comprobar el logro de este objetivo es habitual calcular la pérdida de velocidad en la fase de deceleración en comparación a la velocidad

máxima, este valor se estima en velocistas de categoría mundial entorno al ~2-7% (Brüggemann y Glad, 1990; Brüggemann y col., 1999; Ferro y col., 2001; Mero y col., 1992; Moravec y col., 1988). A pesar de que los atletas de este estudio fueron de menor categoría, los resultados obtenidos están en consonancia con los de la bibliografía al mostrar una pérdida de velocidad del 4.0% en los corredores más rápidos y del 6.4% en los menos rápidos, siendo significativamente menor la velocidad media relativa del tramo 80-100 m en los atletas menos rápidos ($96.0\% \pm 0.9$ vs. 93.6 ± 1.9 ; $P < 0.010$). Aunque la pérdida de velocidad fue mayor en los corredores menos rápidos, ésta se produjo principalmente en el tramo 80-90 m (0.92 ± 0.03 s vs. 0.97 ± 0.03 s; $P < 0.011$) al no hallar diferencias significativas en el tiempo empleado en recorrer el último tramo. Por lo tanto se podría decir que ambos grupos cruzaron la meta con velocidades semejantes.

Conclusiones

La velocidad media máxima no es la variable decisiva en el rendimiento en la prueba de 100 m que marca la diferencia entre atletas más rápidos y menos rápidos. Las velocidades en los 10 primeros metros de aceleración así como en los intervalos de 20-30, 60-70 y 80-90 m parecen ser los decisivos en la carrera. Los resultados de este estudio soportan la hipótesis de que para vencer en una carrera de 100 m se debe acelerar rápido y mantener la máxima velocidad durante el mayor tiempo posible, así como minimizar la pérdida de velocidad al final de la prueba. Los datos aportados en este estudio, al haber sido analizados en condiciones reales de competición, aportan una información relevante que puede ser utilizada por entrenadores de alto nivel como referencia. Los datos de velocidades relativas a la máxima pueden servir para comparar atletas de diferentes niveles y categorías e incluso para comparar marcas en distintas épocas de la temporada de competición.

Referencias

- Ae, M.; Ito, A., & Suzuki, M. (1992). The men's 100 metres. *New Studies in Athletics*, 7(1), 47-52.
- Brüggemann, G., & Glad, B. (1990). *Time analysis of the sprint events*. Monaco: International Athletic Foundation.
- Brüggemann, G.; Koszewski, D., & Müller, H. (1999). *Biomechanical research project, athens 1997. final report*. Aachen: Meyer & Meyer Sport.
- Ferro, A.; Rivera, A.; Pagola, I.; Ferreruela, M., & Rocandio, V. (2001). Biomechanical analysis of the 7th world championships in athletics Seville 1999. *New Studies in Athletics*, 16(1/2), 25-60.
- Gajer, B.; Thepaut-Mathieu, C., & Lehenaff, D. (1999). Evolution of stride and amplitude during course of the 100 m event in athletics. *New Studies in Athletics*, 14(3), 43-50.
- Ito, A.; Ishikawa, M.; Isolehto, J., & Komi, P. V. (2006). Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 21(3), 35-39;96-99.
- Korhonen, M. T.; Mero, A., & Suominen, H. (2003). Age-related differences in 100-m sprint performance in male and female master runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1419-1428.
- Landry, D. (1987). Roma 87. The IInd world championship in athletics provide a basis for comparison. *New Studies in Athletics*, 2(3), 29-47.

- Letzelter, S. (2006). The development of velocity and acceleration in sprints A comparison of elite and juvenile female sprinters. *New Studies in Athletics*, 21(3), 15-22;96;98.
- Mačkala, K. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 22(4), 7-16.
- Maulder, P. S.; Bradshaw, E. J., & Keogh, J. W. L. (2008). Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1992-2002.
- Mero, A.; Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine*, 13(6), 376-392.
- Moravec, P.; Ruzicka, J.; Susanka, P.; Dostal, E.; Kodejs, M., & Nosek, M. (1988). The 1987 international athletic Foundation/IAAF scientific project report: Time analysis of the 100 metres events at the II world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 3(3), 61-96.