

Monograph

Cambios en la Velocidad de Carrera Durante una Ultra-Maratón de 100 km

Miriam R Waldeck¹, Michael I Lambert¹, Jonathan P Dugas¹, Mark C Kirkman¹ y Gaonyadiwe G Mokone¹

¹MRC/UCT Research Unit for Exercise Science and Sports Medicine, Department of Human Biology, University of Cape Town, South Africa.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar si los corredores que completaron una carrera de ultra-maratón con los menores tiempos realizaron cambios en su velocidad de carrera en forma diferente que los corredores que finalizaron la carrera en un mayor tiempo. Los tiempos fueron tomados de los resultados de la prueba *IAU World Challenge* de 100 km llevada a cabo en 1995 en Winschoten, Holanda. Se analizaron los tiempos de carrera y los tiempos parciales cada 10 km. Los corredores (n =67) fueron divididos en grupos de diez con el último grupo consistiendo de siete corredores. La velocidad media de carrera fue calculada utilizando el tiempo de carrera de cada corredor. El tiempo parcial de los primeros 10 km fue normalizado a 100, con los subsiguientes tiempo normalizados de acuerdo a esta norma. Luego de esto se calculó la velocidad media de carrera para cada grupo en cada etapa parcial de 10 km. Los análisis indicaron que los corredores más rápidos comenzaron la prueba a una mayor velocidad de carrera, finalizaron la prueba con una velocidad que se encontraba dentro del 15% de su velocidad inicial, y mantuvieron su velocidad inicial en una mayor distancia (aproximadamente 50 km) antes de reducirla. Los corredores más lentos mostraron un mayor porcentaje de reducción en su velocidad media de carrera y no fueron capaces de mantener su velocidad inicial por mucho tiempo. Se concluyó que los corredores más rápidos: 1) corren con menores cambios en la velocidad, 2) comienzan la carrera a una mayor velocidad de carrera que los corredores más lento, y 3) son capaces de mantener su velocidad inicial por una mayor distancia antes de reducirla.

Palabras Clave: estrategia de carrera, rendimiento pico, ultra-resistencia

INTRODUCCION

En un intento por mejorar el rendimiento de carrera, se han estudiado las características fisiológicas de los corredores de elite y las demandas energéticas de los eventos atléticos en los cuales participan (Robinson et al., 1991; Sparling et al., 1993; Brandon, 1995). Sin embargo, los cambios en la velocidad de carrera, ya sean planeados o consecuencia de la fatiga durante la competencia también pueden tener un efecto sobre el resultado de la carrera. El ritmo de carrera o "*paceing*" puede definirse como la estrategia subjetiva de carrera en la cual un individuo manipula la velocidad para alcanzar su objetivo de rendimiento. Desde una perspectiva fisiológica el ritmo de carrera puede ser influenciado por un "programa central" que integra las señales aferentes provenientes de los músculos y órganos periféricos y que regula la producción de potencia para optimizar el rendimiento (Ulmer, 1996; Lambert et al., 2004). La presencia de este "programa central" ha

sido respaldada en diversos modelos de investigación (Kay et al., 2001; St Clair Gibson et al., 2001; Kay and Marino, 2003; Marino et al., 2004).

Los estudios previos que han examinado el ritmo de carrera se han concentrado principalmente en eventos de corta duración, comúnmente de menos de cinco minutos (Foster et al., 1994; van Ingen Schenau et al., 1994) y generalmente han concluido que el ritmo de carrera óptimo es con frecuencia el resultado de un proceso de aprendizaje y que los atletas deberían practicar dicho ritmo de carrera durante la preparación para un evento (Foster et al., 1994). Pocos trabajos han estudiado el ritmo de carrera durante eventos de resistencia de larga duración (Townsend et al., 1982). Esto podría deberse al hecho de que se han identificado varios mecanismos que contribuyen a la fatiga durante el ejercicio prolongado (Gibson and Edwards, 1985; Noakes, 2000), haciendo que una aproximación sistemática sea difícil de llevar a cabo. Los estudios que han intentado analizar el ritmo de carrera en eventos de larga duración han incorporado modelos matemáticos en sus diseños de investigación. Townsend et al (1982) utilizó un modelo matemático para asignar valores a las capacidades de los corredores para completar distancias específicas en diferentes terrenos. A través de una serie de cálculos se determinaba el ritmo al cual un corredor debería completar cada segmento de la carrera. Sin embargo, esta técnica es compleja y por lo tanto tiene limitadas aplicaciones prácticas.

Un enfoque alternativo para determinar el ritmo de carrera de los atletas durante eventos de resistencia de larga duración, es estudiar el ritmo de los atletas de elite, asumiendo que estos atletas han practicado dicho ritmo durante la preparación para el evento (Foster et al., 1994) y que su ritmo de carrera es el óptimo para estos eventos resultando en los menores tiempos de carrera. De acuerdo con esto, en el presente estudio analizamos las velocidades de carrera de corredores que compitieron en la prueba IAU *World Challenge* de 100 km llevada a cabo en 1995. El propósito del presente estudio fue determinar si los corredores que completaron la prueba con los menores tiempos de carrera cambiaron sus velocidades de carrera en forma diferente a los corredores que finalizaron con mayores tiempos de carrera. Se asumió que todos los corredores tenían una experiencia similar en carreras, estaban todos altamente entrenados e igualmente motivados para el evento y que se desempeñaron al máximo de su capacidad.

METODOS

Datos de la Carrera

Para el estudio se obtuvieron y analizaron los tiempos parciales cada 10 km de 107 corredores varones que completaron la prueba IAU *World Challenge* de 100 km llevada a cabo en 1995 en Winschoten, Holanda. La carrera fue llevada a cabo en un circuito plano de 10 km y los tiempos fueron registrados manualmente. Los datos de cuarenta corredores fueron excluidos de los análisis en base a dos criterios de exclusión: 1) no finalizaron la carrera ($n = 24$) y 2) no se registraron tiempos parciales ($n = 16$). Los corredores fueron divididos en siete grupos (A-G) agrupando a los corredores según los tiempos de la siguiente manera: los primeros diez corredores (A), el segundo grupo de diez corredores (B) y así con los demás. El último grupo (G) solo incluyó siete corredores.

Análisis de la Velocidad de Carrera

Se calculó la velocidad media de carrera (m/s) para cada segmento de 10 km utilizando los tiempos parciales de cada corredor. La velocidad media de carrera (m/s) fue calculada utilizando el tiempo total de carrera de cada corredor. La velocidad de carrera "normalizada" para cada segmento de 10 km fue calculada asignando a la velocidad de los primeros 10 km el 100%. Las velocidades de los segmentos subsiguientes fueron ajustadas en relación a esto.

Para cada grupo (A-G) se calculó la velocidad media de carrera en cada segmento de 10 km. Con los datos de cada grupo (A-G) se realizó el análisis de correlación no lineal de mejor ajuste y el análisis de regresión lineal entre la distancia y la velocidad media de carrera. Similarmente, se calculó la velocidad media normalizada para cada grupo en cada segmento de 10 km, y se determinó la línea de mejor ajuste entre la distancia y la velocidad normalizada en cada grupo.

Un análisis similar fue realizado utilizando datos de tiempos parciales en segmentos de 10 km de la misma carrera pero llevada a cabo en el año 1997. Los datos de los 10 primeros corredores (1997) fueron comparados con los del grupo A (1995). También se compararon los datos de los 10 corredores (del año 1997) cuyo tiempo fue similar a los del grupo F (1995). Se calcularon el coeficiente de variación y la relación entre la velocidad media de carrera y la distancia. Los datos obtenidos en la prueba del año 1997 fueron analizados utilizando los mismos métodos que los utilizados para los datos de la prueba del año 1995.

Los tiempos parciales en segmentos de 5 km para el récord mundial en 42.2 km establecido en Septiembre de 2003 en

Berlin, Alemania y los tiempos parciales en segmentos de 10 km para el récord mundial en 100 km (Lago Saroma, Japón, Junio de 1998) también fueron analizados de la misma forma que los tiempos obtenidos en las carreras IAU de 1995 y 1997. Se calcularon el coeficiente de variación y el tiempo medio de carrera tanto para la maratón como para la prueba de 100 km y se calculó el cambio medio en la velocidad y la velocidad media de carrera para cada segmento parcial de la carrera de 100 km (Tabla 1).

Grupo	Tiempo Medio de Carrera (hh: min. s)	Velocidad Media (m/s)	CV medio para la Velocidad Media	Δ Medio para la Velocidad (m/s)	R ² (curvilíneo)	Pendiente Normalizada
A	6:36.50 (0:11.39) ^{b,c,d,e,f,g}	4.2 (0.1) ^{b,c,d,e,f,g}	5.4 (2.0) ^{b,c}	0.5 (0.2) ^c	0.96 (0.05)	-0.16 (0.06) ^{b,c,d}
B	7:03.44 (0:06.34) ^{e,f,g}	3.9 (0.1) ^{e,f,g}	8.2 (3.1) ^c	0.6 (0.4) ^c	0.77 (0.32)	-0.17 (0.08) ^{b,c,d}
C	7:26.26 (0:05.41) ^{b,c,d}	3.7 (0.1) ^{b,c,d}	11.5 (3.1)	1.0 (0.4)	0.95 (0.05)	-0.30 (0.08) ^{b,c,d}
D	7:47.18 (0:05.26) ^{b,c,d}	3.6 (0.1) ^{b,c,d}	10.8 (3.0)	0.8 (0.3)	0.90 (0.11)	-0.27 (0.06) ^{b,c,d}
E	8:03.07 (0:05.47) ^{b,c,d}	3.5 (0.1) ^{b,c,d}	12.2 (5.2)	0.9 (0.5)	0.88 (0.13)	-2.90 (1.30)
F	8:43.34 (0:19.09) ^c	3.2 (0.1) ^c	15.6 (6.9)	1.0 (0.4)	0.90 (0.10)	-3.80 (1.50)
G	10:02.25 (0:34.40)	2.8 (0.1)	19.6 (6.9)	1.4 (0.8)	0.97 (0.03)	-4.60 (1.50)
P <	0.05-0.01	0.05-0.01	0.01	0.05		0.01

Tabla 1. Características utilizadas para describir las velocidades de carrera de los corredores en los grupos A-G (n = 10 en los grupos A-F, n = 7 en el grupo G). Todos los valores son medias (± DE). Solo se muestran las diferencias significativas. Las letras minúsculas y mayúsculas representan p<0.05 y 0.0.1 respectivamente. CV = coeficiente de variación.

Análisis Estadísticos

Todos los resultados se expresan como medias ± desviación estándar (X ± DE). Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para identificar las diferencias entre los grupos. Cada vez que se obtenía un estadístico F significativo se utilizaba el test *post hoc* de Scheffe para identificar la ubicación de la diferencia. La significancia estadística se estableció a p<0.05. La relación entre la velocidad de carrera y la distancia fue examinada utilizando el coeficiente de determinación (R²) para las regresiones lineales y curvilíneas.

RESULTADOS

El tiempo medio de carrera para todos los grupos de 1995 fue 7:52.05 ± 1:00.58 (h:mm:ss). El menor tiempo registrado fue 6:18.0 y el mayor tiempo fue 11:12.36 (h:mm:ss). El tiempo medio de carrera para cada grupo (A-G) se muestra en la Tabla 1. El grupo A (1995) tuvo un tiempo medio de carrera de 6:36.58 ± 0:11.39 en comparación con el tiempo de 6:40.12 ± 0:08.23 (h:mm:ss) obtenido por el grupo A (1997) (Tabla 2). Similarmente, el grupo F (1995) tuvo un tiempo medio de carrera de 8:43.25 ± 0:19.09 (h:mm:ss) mientras que el grupo F (1997) tuvo un tiempo de 8:44.34 ± 0:16.52 (h:mm:ss) (Tabla 2). Los tiempos medios de carrera en los grupos A-G estuvieron en el rango de 6:36.58 ± 0:11.39 a 10:02.04 ± 0:34.40 (h:mm:ss) (Tabla 1).

Grupo	Tiempo Medio de Carrera (hh:mm.s)	Velocidad Media (m/s)	CV medio para la velocidad media	Δ Medio en la Velocidad (m/s)
A '95	6:36.58 (0:11.39)	4.2 (0.1)	5.4 (2.0)	0.5 (0.2)
A '97	6:40.12 (0:08.00)	4.2 (0.1)	4.2 (1.2)	0.4 (0.2)
F '95	8:43.25 (0:19.09)	3.2 (0.1)	15.6 (6.9)	1.0 (0.4)
F '97	8:44.34 (0:16.52)	3.2 (0.1)	13.3 (4.4)	0.9 (0.2)
42.2km WR	2:04.55	5.6	1.2	-----
100 km WR	6:13.33	4.5	3.2	0.03

Tabla 2. Características utilizadas para describir las velocidades de carrera de los corredores de los grupos A y F (1995 y 1997) ($n = 10$ en todos los grupos) y de los récords mundiales (WR) en las pruebas de maratón y 100 km. Todos los valores son medias (\pm DE). CV = Coeficiente de variación.

La velocidad media de carrera para cada corredor en los siete grupos se muestra en la Figura 1a, y la línea de mejor ajuste para cada grupo se muestra como una línea gruesa. Los grupos A-C comenzaron con una velocidad de carrera mayor y muy similar (4.3 ± 0.2 m/s) en comparación con los grupos D-F (4.0 ± 0.3 m/s, Figura 1a). Los corredores que finalizaron en el grupo A completaron la prueba a una velocidad de carrera que se encontraba dentro del 15% de la velocidad de carrera inicial (Figura 1b). Los corredores más lentos mostraron el mayor cambio en la velocidad media desde los 0-10 km hasta los 90-100 km (grupo G; 1.4 ± 0.7 m/s) en comparación con los corredores del grupo A (0.5 ± 0.2 m/s) (Tabla 1). La Figura 1a muestra que los corredores del grupo A corrieron a una velocidad relativamente constante durante la primera mitad de la carrera. Esto también fue así para la segunda mitad de la prueba, aunque su velocidad fue menor durante este período.

Las líneas de mejor ajuste para las relaciones lineales y curvilíneas de cada grupo se muestran en la Figura 2a. En cada gráfico de la velocidad media vs la distancia, se muestran las líneas de regresión lineal y curvilínea de los valores medios de cada grupo. Sin embargo, las regresiones curvilíneas produjeron las mejores líneas de ajuste ($R^2 = 0.61$ vs. $R^2 = 0.90$, regresión lineal vs regresión curvilínea, respectivamente; Tabla 1). Por esta razón, las líneas de regresión curvilínea se muestran en las Figuras 1a y 2a.

Las pendientes de las velocidades de carrera normalizadas estuvieron en el rango de -0.16 ± 0.06 to -4.60 ± 1.50 (grupos A-G) (Tabla 1). Las pendientes de los grupos A, B, C y D fueron significativamente menores que las pendientes de los grupos E, F y G ($p < 0.01$), sugiriendo que los sujetos de los grupos A-D corrieron a una velocidad más constante que los sujetos de los grupos E-G (Tabla 1).

La Figura 2b muestra las gráficas combinadas de los grupos A y F de 1995 y 1997. El grupo A (1995) exhibió una velocidad media de 4.2 ± 0.1 m/s en comparación con el grupo A (1997) (4.2 ± 0.1 m/s) (Tabla 2). El grupo F (1995) exhibió una velocidad media de 3.2 ± 0.1 m/s en comparación con el grupo F (1997) (3.2 ± 0.1 m/s) (Tabla 2). De la observación de la Figura 2b queda claro que existe una tendencia específica respecto de la relación distancia vs velocidad entre los dos grupos de datos.

El tiempo del récord mundial de maratón (2003) fue 2:04.55 (h:mm:ss) (Tabla 2). La velocidad media de carrera fue de 5.6 m/s y el CV fue de 1.2% (Tabla 2). El tiempo para el récord mundial en 100 km es de 6:13.33 (h:mm:ss) (Tabla 2). La velocidad media de carrera fue de 4.5 m/s y el CV fue de 3.2% (Tabla 2).

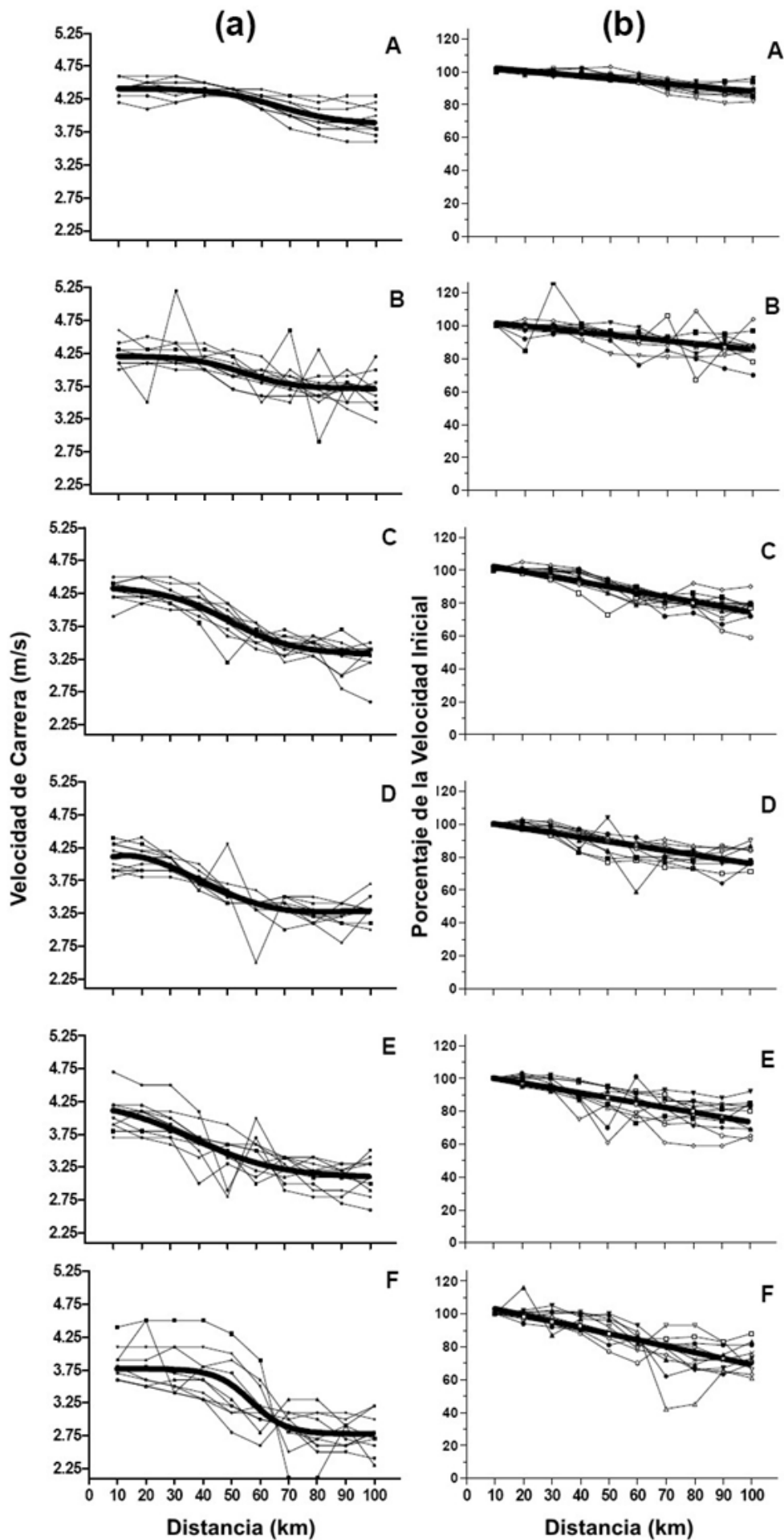


Figura 1. (a) Velocidad media de carrera de los corredores en la prueba IAU World Challenge de 1995 (Grupos A-F, n = 10 en cada grupo). La línea de mejor ajuste para cada grupo se muestra como una línea gruesa. (b) Velocidad de carrera normalizada para los corredores de la prueba IAU World Challenge de 1995 (Grupos A-F, n = 10 en cada grupo). La línea de mejor ajuste para cada grupo se muestra como una línea gruesa.

DISCUSION

El propósito de este estudio fue describir los cambios en la velocidad de carrera de corredores de nivel nacional durante una prueba de ultra-maratón de 100 km para determinar si los corredores más rápidos mostraban cambios diferentes en su velocidad de carrera en comparación con los corredores más lentos. Los corredores del grupo A completaron la carrera corriendo a velocidades dentro del 15% de su velocidad inicial (0-10 km) (Figura 1b). Los corredores de los otros grupos tuvieron una mayor diferencia entre las velocidades inicial y final en comparación con los corredores del grupo A (Tabla 1, Figura 1b). Por ejemplo, el grupo G mostró la mayor diferencia entre la velocidad inicial (0-10 km) y la velocidad final (90-100 km) (1.4 ± 0.8 m/s) en comparación con el grupo A (0.5 ± 0.2 m/s) (Tabla 1). Los corredores más lentos tuvieron una mayor variación en su velocidad de carrera en comparación con los corredores más rápidos. Esto puede observarse por el mayor cambio medio en la velocidad de carrera y por el mayor CV para la velocidad media de carrera en los corredores más lentos (Tabla 1, Figura 1a y 1b).

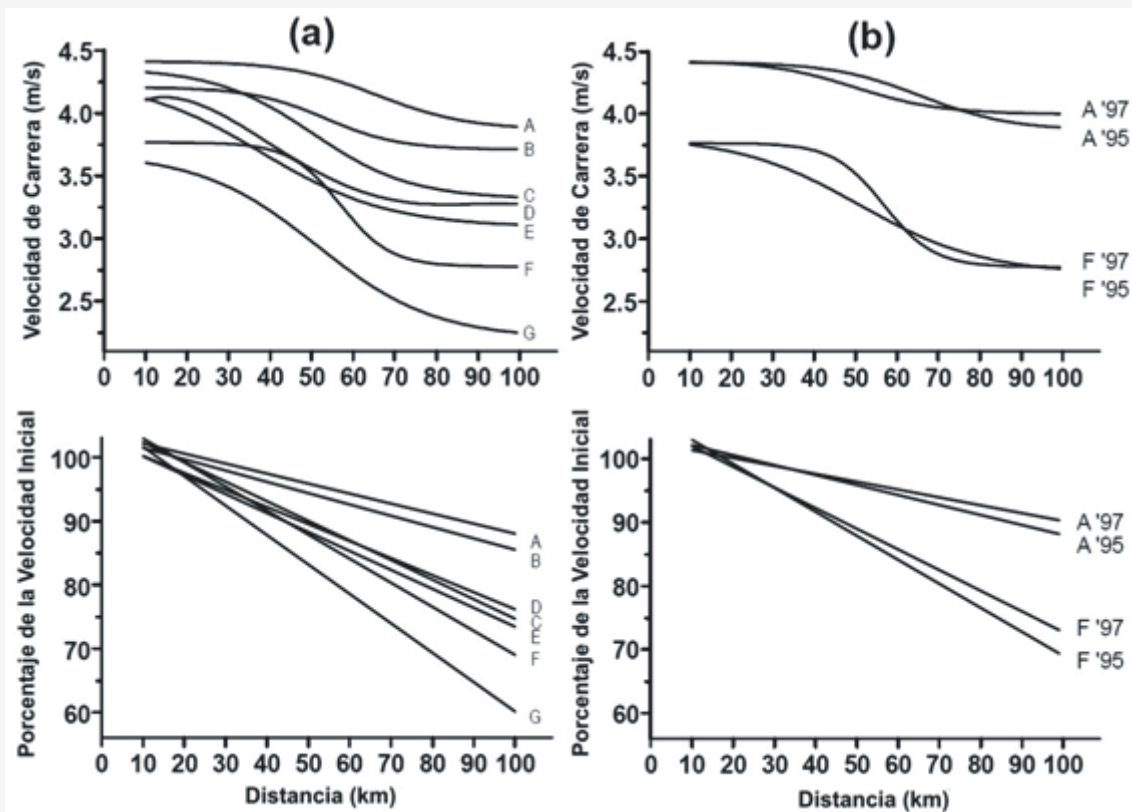


Figura 2. (a) Arriba: líneas de mejor ajuste para cada grupo (1995) de la relación velocidad de carrera vs distancia. Abajo: líneas de mejor ajuste para cada grupo (1995) de la relación velocidad normalizada vs distancia, n = 10, grupos A-F, n = 7 grupo G. (b) Arriba: líneas de mejor ajuste de la relación velocidad vs distancia para los grupos A y F (1995) y los grupos A y F (1997). Abajo: líneas de mejor ajuste para la relación velocidad de carrera normalizada vs distancia en los grupos A y F (1995) y en los grupos A y F (1997), n = 10 en todos los grupos.

Los corredores más rápidos mantuvieron su velocidad inicial de carrera hasta una distancia de aproximadamente 50 km antes de disminuir su velocidad (Figura 1a). Asimismo, la reducción en la velocidad de carrera a partir de este momento y

hasta el final de la carrera fue relativamente pequeña. En contraste, los corredores más lentos no fueron capaces de mantener su velocidad inicial durante tanto tiempo como los corredores más rápidos, y redujeron su velocidad más rápidamente. El diseño del presente estudio no nos permite explicar los mecanismos que causaron las diferencias en la tasa de cambio en la velocidad de carrera entre los corredores, particularmente debido a que la percepción del esfuerzo puede estar dissociada de la velocidad de carrera (Hampson et al., 2004). Sin embargo, podemos especular que la incapacidad para mantener la velocidad de carrera puede ser atribuida a mecanismos fisiológicos (Milvy, 1977). Se ha sugerido que aunque los corredores utilizan aproximadamente el 65% de su VO_2 máx durante una carrera de 100 km (Davies and Thompson, 1979), existe una gran variación en la resistencia a la fatiga y en la economía de carrera que puede explicar los diferentes niveles de rendimiento (Sjodin and Svedenhag, 1985). La fatiga luego del ejercicio prolongado está asociada con la depleción del glucógeno (Bosch et al., 1993), la cual ocurre luego de 40-50 km a una intensidad del 65% del VO_2 máx (Karlsson and Saltin, 1971). Una explicación alternativa para la reducción de la velocidad luego de 50 km es que se producen cambios a nivel neuromuscular causados por la repetición de acciones musculares excéntricas, lo cual resulta en fatiga y en la desmejora de la función muscular (Nicol et al., 1991).

Los hábitos de entrenamiento (Lambert and Keytel, 2000) y el genotipo (Bouchard et al., 1992) de los corredores son explicaciones adicionales para las diferentes reducciones en la velocidad de carrera luego de transcurridos 50 km. Además, de acuerdo con los hallazgos de Foster et al (1994), los corredores más lentos pudieron no haber practicado sus estrategias de carrera lo suficiente como para ponerlas en práctica en una mayor distancia. Esta observación es de gran interés y requiere de mayor investigación, particularmente si está relacionada con los hábitos de entrenamiento.

Es claro que los corredores que llegaron a la meta en el menor tiempo regularon su velocidad de manera más precisa que los que lo hicieron en mayor tiempo, y exhibieron menos cambios en su velocidad de carrera que los corredores más lentos. Al parecer este fue un hallazgo consistente, ya que los grupos A y F en 1995 y 1997 mostraron patrones de cambio similares en la velocidad de carrera. De acuerdo con estos hallazgos, el actual record en la maratón de 2:04.55 registrado por Paul Tergat (Berlín, Alemania, Septiembre de 2003) y el record en 100 km de 6:13.33 registrado por Takahiro Sunada (Lago Saroma, Japón, Junio de 1998) son ejemplos adicionales de pruebas corridas a un ritmo casi constante (CV = 1.2 y 3.2 %, maratón y 100 km respectivamente, Tabla 2). Estos ejemplos muestran que los corredores de elite que pueden marcar un récord mundial pueden correr con muy pocos cambios en su velocidad de carrera.

Debido a la naturaleza del presente estudio y a la información disponible, tuvimos que realizar ciertas presunciones. Asumimos que todos los corredores realizaron el mismo esfuerzo y estaban igualmente cansados al final de la carrera; y que todos los corredores contaban con la misma experiencia en carreras. Además, en el análisis también asumimos que los corredores estaban altamente motivados y entrenados debido a que representaban a sus respectivos países en un evento internacional. Una limitación del presente estudio fue que no se contó con las historias de entrenamiento y con la información biográfica de los corredores. Estos datos hubieran tenido un gran valor para la interpretación de los resultados del estudio, y deberían ser incluidos en futuros estudios de esta naturaleza.

CONCLUSIONES

Estos resultados indican que los corredores más rápidos en la prueba IAU World Challenge de 100 km llevada a cabo en 1995: 1) corrieron con menos cambios en su velocidad de carrera en comparación con los corredores más lentos; 2) comenzaron la carrera corriendo a una mayor velocidad en comparación con los corredores más lentos; y 3) fueron capaces de mantener su velocidad inicial por una distancia mayor que los corredores más lentos. Se necesitan estudios adicionales para determinar si el rendimiento de carrera en un evento de ultra-resistencia puede ser mejorado adoptando una velocidad de carrera más constante como estrategia, o si la capacidad de correr a una velocidad de carrera constante es dependiente de una combinación de factores fisiológicos, psicológicos y de hábitos de entrenamiento de cada corredor.

Puntos Clave

Los corredores más rápidos en la prueba de 100 km:

- Corren con menores cambios en su velocidad de carrera en comparación con los corredores más lentos;
- Comienzan la carrera a una mayor velocidad que los corredores más lentos
- Son capaces de mantener su velocidad inicial de carrera por una mayor distancia en comparación con los corredores más lentos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Andy Milory por proveer los tiempos parciales de las pruebas IAU World Challenge de los años 1995 y 1997. También quieren agradecer a Giselle Barlow, Jan Bekker y Bradley Drake por su contribución en la primera redacción del manuscrito.

Dirección para el envío de correspondencia: Mike Lambert MRC/UCT Research Unit for Exercise Science and Sports Medicine, PO Box 115, Newlands 7725, Cape Town, South Africa

REFERENCIAS

1. Bosch, A.N., Dennis, S.C. and Noakes, T.D (1993). Influence of carbohydrate loading on fuel substrate turnover and oxidation during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology* 75, 2341-343
2. Bouchard, C., Dionne, F.T., Simoneau, J. and Boulay, M.R (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and Sport Science Reviews* 20, 27-58
3. Brandon, L.J (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Medicine* 19, 268-277
4. Coetzer, P., Noakes, T.D., Sanders, B., Lambert, M.I., Bosch, A.N., Wiggins, T. and Dennis, S.C (1993). Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *Journal of Applied Physiology* 75, 1822-1827
5. Davies, C.T.M. and Thompson M.W (1979). Aerobic and performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *European Journal of Applied Physiology* 41, 233-245
6. Foster, C., Schragger, M., Snyder, A.C. and Thompson, N.N (1994). Pacing strategy and athletic performance. *Sports Medicine* 17, 77-85
7. Gibson, H. and Edwards R.H.T (1985). Muscular exercise and fatigue. *Sports Medicine* 2, 120-132
8. Hampson, D.B., St Clair Gibson, A., Lambert, M.I., Dugas, J.P., Lambert, E.V. and Noakes, T.D (2004). Effects of deception on perceived exertion during high-intensity running bouts. *Perceptual Motor Skills* 98, 1027-1028
9. Karlsson, J. and Saltin, B (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *Journal of Applied Physiology* 31, 203-206
10. Kay, D., Marino, F.E., Cannon, J., St Clair Gibson, A., Lambert, M.I. and Noakes, T.D (2001). Evidence for neuromuscular fatigue during high-intensity cycling in warm, humid conditions. *European Journal of Applied Physiology* 84, 115-121
11. Kay, D. and Marino, F.E (2003). Failure of fluid ingestion to improve self-paced exercise performance in moderate-to-warm humid environments. *Journal of Thermal Biology* 28, 29-34
12. Lambert E.V., St Clair Gibson, A. and Noakes, T.D (2004). Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine. In press*
13. Lambert, M.I. and Keytel, L.R (2000). Training habits of top runners in different age groups in a 56 km race. *South African Journal of Sports Medicine* 7, 27-32
14. Marino, F.E., Lambert, M.I. and Noakes T.D (2004). Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions. *Journal of Applied Physiology* 1, 124 - 130
15. Milvy, P (1977). The marathon: physiological, medical, epidemiological and psychological studies. *Annals of New York Academy of Sciences* 301, 1-1090
16. Nicol, C., Komi, P.V. and Marconnet, P (1991). Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performances. I. Changes in muscle force and stiffness characteristics. *Scandinavian Journal Medicine and Science in Sports* 1, 10-17
17. Noakes, T.D (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 10, 123-145
18. Robinson, D.M., Robinson, S.M., Hume, P.A. and Hopkins, W.G (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23, 1078-1082
19. Sjodin, B. and Svedenhag, J (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine* 2, 83-99
20. St Clair Gibson, A., Schabort, E.J. and Noakes, T.D (1993). Reduced neuromuscular activity and force generation during prolonged cycling. *American Journal of Physiology [Regulatory Integrative and Comparative Physiology]* 281, R187-R196
21. Townsend, M. A (1982). Road-racing strategies. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14, 235-243
22. Ulmer, H.V (1996). Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia* 52, 416-420
23. van Ingen Schenau, G.J., de Koning, J.J. and de Groot, G (1994). Optimisation of sprinting performance in running, cycling and speed skating. *Sports Medicine* 17, 259-75

Cita Original

Mike I. Lambert, Jonathan P. Dugas, Mark C. Kirkman, Gaonyadiwe G. Mokone and Miriam R. Waldeck. Changes In Running Speeds In A 100 Km Ultramarathon Race. *Journal of Sports Science and Medicine* (2004) 3, 167-173