

# Efecto del ciclismo sobre el rendimiento de la carrera en triatletas jóvenes

**VÍCTOR DÍAZ MOLINA<sup>1\*</sup>**

*Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*

**ANA BELÉN PEINADO LOZANO<sup>1</sup>**

*Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*

**AUGUSTO G. ZAPICO<sup>2</sup>**

*Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*

**MARÍA ÁLVAREZ SÁNCHEZ<sup>1</sup>**

*Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*

**PEDRO JOSÉ BENITO PEINADO<sup>1</sup>**

*Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*

**FRANCISCO JAVIER CALDERÓN MONTERO<sup>1</sup>**

*Doctor en Medicina y Cirugía*

Correspondencia con autores/as

\* victordiazmolina@gmail.com

## Resumen

El coste metabólico (CM) de la carrera durante la segunda transición del triatlón ha sido estudiado en numerosas ocasiones, pero aún no se ha explorado este aspecto en triatletas jóvenes. Este estudio evalúa el efecto del ciclismo sobre el CM durante la simulación de una transición ciclismo-carrera de triatlón en deportistas jóvenes de élite. Seis sujetos realizaron dos pruebas en orden aleatorio: 1) Transición (T), consistente en 30 min de ciclismo a una carga correspondiente a  $3,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  seguidos de 3000 m de carrera a la máxima intensidad posible en una pista de 400 m (7,5 vueltas). 2) Carrera de control (C), consistente en 3000 m de carrera a la máxima intensidad posible. No se observaron diferencias ( $p < 0,05$ ) entre C y T en el CM ( $250,46 \pm 21,47$  vs.  $256,22 \pm 17,82 \text{ mL O}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ , respectivamente) ni en el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) ( $4238 \pm 451$  vs.  $4220 \pm 604 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente). Sin embargo, la marca conseguida fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en T ( $669,2 \pm 23,8$  vs.  $646,0 \pm 15,8$  s, respectivamente). Únicamente, en la primera vuelta de cada 3000 m se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre T y C para el CM y el  $\text{VO}_2$ . Por tanto, concluimos que la prefatiga tiene un efecto negativo sobre el rendimiento de la carrera durante la segunda transición del triatlón sin afectar al CM.

## Palabras clave

Economía de carrera, Consumo de oxígeno, Transición ciclismo-carrera.

## Abstract

### *Effect of cycling on running performance in young triathletes*

*The oxygen cost (CM) of running during the cycle-run transition of a triathlon has previously been studied for senior triathletes, but never in young triathletes. This study evaluates the effect of cycling on the evolution of the CM, in elite young triathletes, during a cycle to run transition in triathlon. Six subjects carried out two tests in random order: 1) Transition (T), consisted of a 30 min cycle at  $3.5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$  followed by a 3000m run at maximum speed in a 400 m track (7.5 laps). 2) Control run (C), consisted of a 3000 m run at maximum speed. No differences ( $p < 0.05$ ) were found between C and T for the CM ( $250.46 \pm 21.47$  vs.  $256.22 \pm 17.82 \text{ mL O}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ , respectively), neither in the oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ) ( $4238 \pm 451$  vs.  $4220 \pm 604 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectively). On the other hand, the score was significantly higher ( $p < 0.05$ ) in T ( $669,2 \pm 23,8$  vs.  $646,0 \pm 15,8$  s, respectively). Only in the first lap of each 3000 m trial significant differences ( $p < 0,05$ ) were found for the studied variables, as expected because of the previous fatigue produced in T trial. In conclusion, our young elite triathletes did not experience alteration in CM of running during the cycle-run transition of a triathlon.*

## Key words

*Running economy, Oxygen uptake, Cycling-run transition.*

<sup>1</sup> Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>2</sup> Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid.

## Introducción

El triatlón olímpico es un deporte de resistencia que consiste en realizar tres especialidades deportivas de forma consecutiva: 1,5 km nadando, 40 km en bici y 10 km corriendo. La duración total de una prueba profesional sobre la distancia olímpica puede estar en torno a 120 minutos. Por tanto, la capacidad de los sujetos para producir la máxima cantidad de energía por unidad de tiempo durante toda la prueba es uno de los principales indicadores del rendimiento (O'Toole y Douglas, 1995). Además, este tipo de pruebas combinadas requieren de un gran rendimiento técnico en cada uno de los deportes y de una rápida adaptación fisiológica a cada nueva especialidad durante los periodos conocidos como transición: entre natación-ciclismo y ciclismo-carrera.

Se ha sugerido que la importancia de la primera transición reside fundamentalmente en aspectos tácticos (Millet y Vleck, 2000), ya que los triatletas ven reducidas sus posibilidades de éxito si no abandonan el agua en el grupo de cabeza, pues rodar en solitario puede suponer demasiado desgaste debido a los efectos acumulativos de la fatiga (Zderic, Ruby, Hartpence y Meyers, 1997). Mientras que la segunda transición tiene enormes implicaciones fisiológicas debido a la difícil adaptación a la carrera tras la fase de ciclismo. La posibilidad de ir en grupo en el sector de ciclismo ha aumentando la importancia de la carrera a pie (Rowlands y Downey, 2000), cuya marca es la que muestra la mayor varianza de las tres disciplinas del triatlón (Landers, Blanksby, Ackland y Smith, 2000). De este modo, los triatletas con mejor rendimiento son aquellos que consiguen que el ciclismo no afecte en gran medida a su posterior carrera a pie, logrando una marca cercana a la que harían en un diez mil sin ninguna fatiga previa.

Varios trabajos han observado que el coste metabólico de la carrera (CM) durante el triatlón es mayor que cuando se compara con una carrera de control aislada (Guezennec, Vallier, Bigard y Durey, 1996; Hausswirth, Brisswalter, Vallier, Smith y Lepers, 2000), pero menor que en la parte final de un maratón (Hausswirth, Bigard y Guezennec, 1997). Por otro lado, se ha observado que en los triatletas de menor nivel, el aumento del CM es más acusado tras una prefatiga en bici que en los triatletas de mayor nivel (Miura, Kitagawa y Ishiko, 1997). Aunque se ha sugerido que el CM puede discriminar entre triatletas de mayor y menor rendimiento (Millet, Mi-

llet, Hofmann y Candau, 2000), éste no se ha estudiado en jóvenes.

Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del ciclismo sobre el CM durante la simulación de una transición ciclismo-carrera de triatlón, cuando ésta se compara con una carrera aislada, en triatletas jóvenes de élite.

## Material y métodos

### Sujetos

Siguiendo los criterios de calidad elaborados por el Plan Nacional de Tecnificación Deportiva (PNTD) de la Federación Española de Triatlón, se seleccionaron 6 sujetos ( $15,2 \pm 0,8$  años;  $60,8 \pm 6,2$  kg;  $173,7 \pm 6,4$  cm. Media  $\pm$  desviación estándar respectivamente) para su participación en el estudio. Todos ellos fueron informados de los objetivos, riesgos y características de las pruebas y, puesto que todos eran menores de edad, sus padres o sus tutores legales firmaron un consentimiento informado de acuerdo con las directrices de la declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos (World Medical Association, 2004).

### Protocolo experimental

El protocolo experimental escogido para el estudio estuvo compuesto por dos pruebas de campo que se realizaban en orden aleatorio y con un día de descanso entre ambas. Todas las pruebas se realizaron a la misma hora del día y los sujetos no podían competir durante la fase experimental. La prueba 1 (T) consistía en completar, tras un calentamiento libre de 10 min en el que se incluía ciclismo y carrera, un periodo de 30 min de ciclismo en un cicloergómetro Cardgirus® (GYG Innovación S.A., España) a una carga de  $3,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ , que según las observaciones de los entrenadores responsables del PNTD, corresponde a la carga media desarrollada durante una competición y similar a la utilizada anteriormente en otros estudios (Quigley y Richards, 1996; Vercruyssen *et al.*, 2002). Al término de la media hora de ciclismo los sujetos tenían que realizar una transición en un tiempo máximo de 1 min para comenzar a correr 3000 m a la máxima velocidad posible (Bernard *et al.*, 2003; Gottschall y Palmer, 2002), en una pista de tartán de 400 m. La prueba 2 (C) consistía en correr, tras un calentamiento de 10 min, 3000 m en una pista de tar-

tán de 400 m a la máxima velocidad posible. En ambas pruebas se evitó dar información a los triatletas sobre sus ritmos de carrera y constantemente fueron animados para que rindieran el máximo posible.

Con el objetivo de controlar el nivel de hidratación, durante los 20 primeros minutos de T, los sujetos podían beber 250 mL de agua fresca. A partir de ese momento, un analizador de gases portátil se conectaba y las variables cardiorrespiratorias se registraban hasta el final de la prueba. Durante toda la prueba C, el analizador de gases estuvo conectado y en ambas pruebas los datos registrados para cada variable se promediaron en conjunto y vuelta a vuelta para su posterior análisis.

### Análisis de los gases espirados

Para el análisis de los gases espirados se utilizó un analizador de gases portátil Jaeger Oxycon Mobile® (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Germany). Este analizador de gases es capaz de medir respiración a respiración, tanto el volumen de aire como la composición del mismo. Está compuesto por dos pequeñas petacas que pueden ir sujetas en el pecho o en la espalda gracias a un arnés, el conjunto pesa menos de dos kilogramos. Mientras que las mediciones del  $VO_2$  y el  $VCO_2$  se realizan por los métodos electroquímico y de conductividad térmica respectivamente, la medición del volumen de aire se realiza a través de una turbina Triple V® de baja resistencia y espacio muerto, que cumple las normativas de la American Thoracic Society (Miller *et al.*, 2005) y de la European Respiratory Society (Quanjer *et al.*, 1993). El Jaeger Oxycon Mobile® es un analizador reciente en el mercado y su validez ha sido estudiada en varias ocasiones (Díaz *et al.*, 2008; Perret y Mueller, 2006; Rosdahl y Gullstrand, 2004).

### Cálculo del coste metabólico

Durante T y C, se calculó el CM utilizando la ecuación de Di Prampero (1986), según la cual  $CM (mL \text{ de } O_2 \cdot kg^{-1} \cdot km^{-1}) = VO_2 (mL \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}) \times 60 / \text{Velocidad } (km \cdot h^{-1})$ .

### Análisis estadístico

Tras verificar la distribución normal de los datos se comprobó el efecto global del ejercicio a través de la realización de una prueba t-student para muestras rela-

cionadas. Posteriormente, para estudiar las diferencias vuelta a vuelta de las variables medidas a lo largo de la carrera de T y C se llevó a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) de dos factores (ejercicio  $\times$  vuelta) para medidas repetidas.

Para todos los procedimientos se fijó el nivel de significación en  $p < 0,05$  y se utilizó software SPSS 12.0 para Windows® (SPSS Worldwide Headquarters, Chicago, IL).

## Resultados

La *tabla 1* muestra los resultados obtenidos en las variables estudiadas en las pruebas T y C durante la carrera de ambas. El CM de la carrera no mostró diferencias significativas entre T y C, al igual que el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y dióxido de carbono ( $VCO_2$ ). Se encontraron diferencias significativas en la marca realizada, en la relación ventilación/consumo de oxígeno ( $VE/VO_2$ ) y en la frecuencia cardiaca (FC), siendo menores durante la prueba C. Por otro lado, la velocidad media de carrera se mostró significativamente mayor en C.

	T	C
$VO_2 (mL \cdot min^{-1})$	4220 $\pm$ 604	4238 $\pm$ 451
CM ( $mL O_2 \cdot kg^{-1} \cdot km^{-1}$ )	256,22 $\pm$ 21,47	250,46 $\pm$ 17,82
Vel ( $km \cdot h^{-1}$ )	16,25 $\pm$ 0,80	16,72 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>
Marca (s)	669,2 $\pm$ 23,8	646,0 $\pm$ 15,8 <sup>a</sup>
$VCO_2 (mL \cdot min^{-1})$	3615 $\pm$ 304	3639 $\pm$ 476
VE ( $L \cdot min^{-1}$ )	132,4 $\pm$ 17,2	127,2 $\pm$ 18,8
$VE/VO_2$	35,0 $\pm$ 5,0	32,2 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>
$VE/VCO_2$	35,5 $\pm$ 4,3	34,0 $\pm$ 3,7
$V_T (L \cdot min^{-1})$	2,32 $\pm$ 0,38	2,32 $\pm$ 0,40
FR ( $resp \cdot min^{-1}$ )	57,4 $\pm$ 12,4	55,2 $\pm$ 12,8
FC (ppm)	186 $\pm$ 7	181 $\pm$ 4 <sup>a</sup>
RER	0,87 $\pm$ 0,05	0,85 $\pm$ 0,04

a Diferencias significativas entre condiciones experimentales.

**Tabla 1**  
Medias  $\pm$  desviación estándar de las variables medidas durante la transición (T) y el control (C).

La *figura 1* muestra la evolución del CM a lo largo de las 7,5 vueltas a la pista de 400 m en las dos pruebas. Únicamente en la primera vuelta se observan diferencias significativas entre T y C. Este mismo comportamiento se observa en el  $\text{VO}_2$  (*fig. 2*).

En la *figura 3* se observa la evolución vuelta a vuelta de la velocidad de carrera, apareciendo diferencias entre las pruebas durante las vueltas 1, 3, 4 y 5.

## Discusión

El principal hallazgo de este estudio fue la ausencia de diferencias entre las pruebas C y T para el CM. Este hallazgo indica que el nivel de rendimiento de este grupo de triatletas jóvenes de élite es similar al mostrado en otros estudios por triatletas senior (Hue, Le Gallais, Boussana, Chollet y Prefaut, 2000; Millet y Bentley, 2004; Miura, Kitagawa y Ishiko, 1999). Siendo además un posible indicador óptimo del rendimiento para este deporte (Millet *et al.*, 2000).

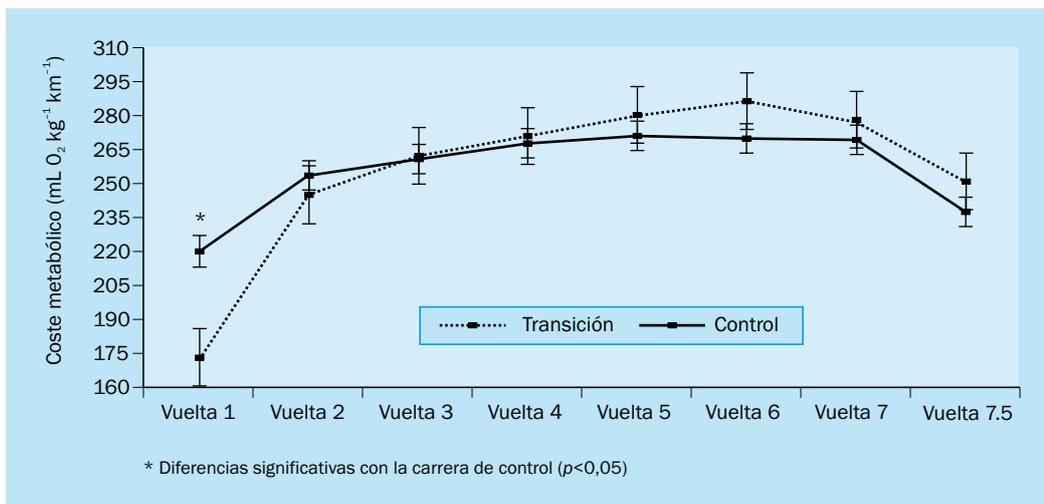
En nuestro estudio, el CM durante T fue de  $256,22 \pm 21,47$  ml  $\text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ , lo que supone valores ligeramente superiores a los 215 ml  $\text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$  presentados por Guezennec *et al.* (1996) o a los  $220,9 \pm 16,7$  ml  $\text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$  encontrados por Hausswirth *et al.* (2000). Sin embargo, los datos son ligeramente inferiores que los  $264,0 \pm 14,0$  ml  $\text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$  presentados por Miura *et al.* (1999). Varios estudios longitudinales han mostrado que la economía de la carrera a velocidades submáximas mejoraba con la edad (Ariens, van Mechelen, Kemper y Twisk, 1997; Sjodin y Svedenhag, 1992). Así, pensamos que las diferencias encontradas con otros estudios en relación al CM pueden deberse a la juventud de nuestra muestra,  $15,2 \pm 0,8$  años en nuestro caso frente a  $31 \pm 5$  (Hausswirth *et al.*, 2000) o  $29 \pm 3$  años (Guezennec *et al.*, 1996) y la menor experiencia de nuestros sujetos en el triatlón, apenas de 18 meses.

En nuestro estudio no hubo diferencias en el CM y el  $\text{VO}_2$  entre T y C. Nuestros resultados están en desacuerdo con los encontrados anteriormente por los trabajos de otros grupos que han mostrado diferencias entre el triatlón y una carrera aislada (Guezennec *et al.*, 1996; Hausswirth *et al.*, 2000). Estas diferencias pueden deberse a los siguientes factores: a) Las muestras eran distintas en términos de edad y nivel. Se ha sugerido que triatletas de mayor nivel son capaces de reorganizar su patrón de carrera mejor que los triatletas de menor nivel (Millet *et al.*, 2000) y en nuestro estudio los triatletas tenían un nivel mayor que el de otros estudios (Guezennec *et al.*, 1996;

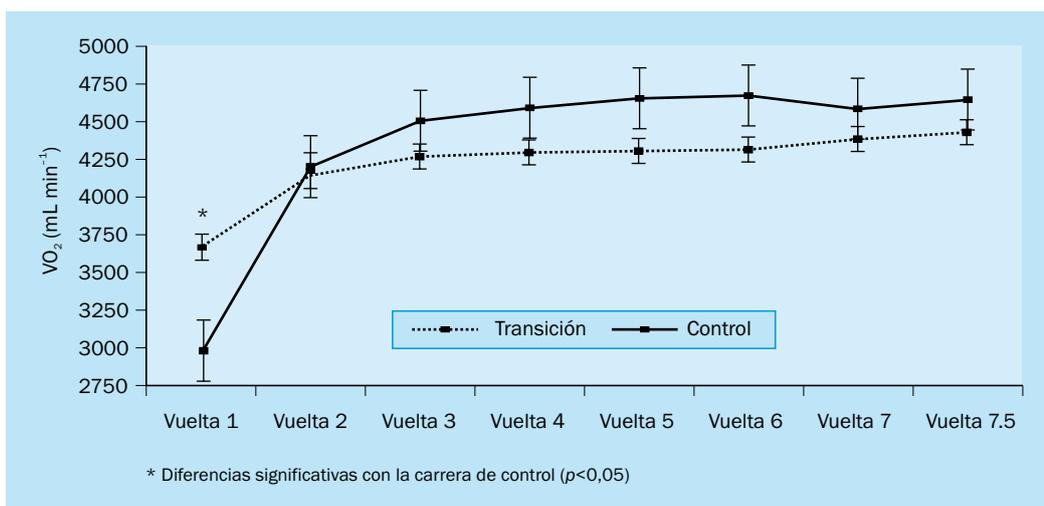
Hausswirth *et al.*, 2000). b) Diferencias en el protocolo utilizado. Mientras que en nuestro estudio el segmento de carrera se realizaba a la máxima intensidad posible y el sector de T tenía una carga fija, según determinaron los entrenadores, de  $3,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ , en otros estudios tanto la intensidad del segmento de ciclismo de T como la carrera se monitorizaban respecto al  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (Guezennec *et al.*, 1996; Hausswirth *et al.*, 2000; Hue, Le Gallais, Chollet, Boussana y Prefaut, 1998; Hue, Valluet, Blanc y Herthogh, 2002). Por lo tanto, aunque el descenso en la marca muestra un descenso de rendimiento durante T, no se puede excluir la posibilidad de que la intensidad utilizada durante el ciclismo fuera insuficiente para prefatigar a los sujetos durante la prueba T.

Comparando vuelta a vuelta las pruebas T y C, no se observan diferencias para el CM (*fig. 1*) y el  $\text{VO}_2$  (*fig. 2*) a excepción de la vuelta 1. Estas diferencias pueden atribuirse a que en la prueba C los sujetos partían desde parado, mientras que en la prueba T el valor de partida del  $\text{VO}_2$  era mayor, lo que aumenta la relación consumo de oxígeno/velocidad. Por lo tanto, estas diferencias pueden carecer de importancia desde el punto de vista de la respuesta del triatleta a la segunda transición.

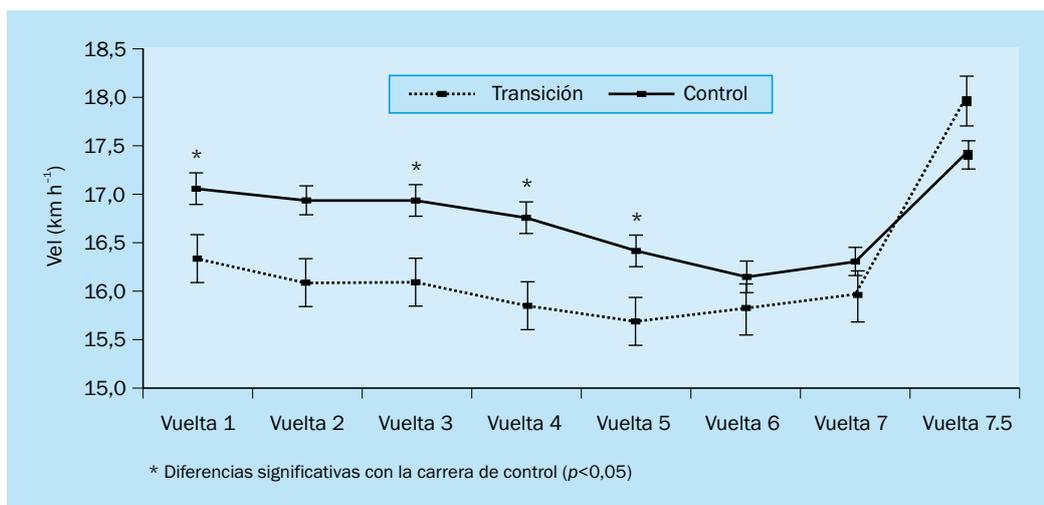
En nuestro estudio la velocidad y la marca fueron medidas durante la carrera, mostrando diferencias entre las pruebas (*tabla 1*). En la literatura únicamente un estudio hace referencia a la marca conseguida por triatletas en 3.000 m tras una prefatiga de ciclismo. En este estudio, cuyo objetivo era examinar el efecto de diferentes cadencias de pedaleo en el rendimiento de la carrera, se presentan marcas de  $625,7 \pm 40,1$  s para 60 rpm,  $630,0 \pm 44,8$  s para 80 rpm y de  $637,6 \pm 57,9$  s para 100 rpm (Bernard *et al.*, 2003); lo que suponen marcas inferiores a los  $669,2 \pm 23,8$  s de la prueba T de nuestro estudio. Por otra parte, en un estudio con objetivo similar al anterior se presentan velocidades medias de  $16,2 \pm 0,6$  km  $\cdot$  h<sup>-1</sup> para la mayor cadencia,  $15,1 \pm 0,5$  km  $\cdot$  h<sup>-1</sup> para las condiciones de control y de  $14,7 \pm 0,6$  km  $\cdot$  h<sup>-1</sup> para la menor cadencia (Gottschall y Palmer, 2002), lo que supone velocidades similares o inferiores a los  $16,25 \pm 0,80$  km  $\cdot$  h<sup>-1</sup> obtenidos en el presente trabajo. Puesto que la prefatiga en nuestro trabajo ( $3,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) fue inferior a la utilizada en el estudio de Bernard y colaboradores (2003) ( $3,9 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), las diferencias en la marca pueden estar relacionadas con la cadencia elegida, pues varios trabajos muestran efectos en el rendimiento en función de la misma (Bernard *et al.*, 2003; Gottschall y Palmer, 2002; Lepers, Millet y Maffiuletti, 2001; Vercruyssen, Suriano, Bishop, Hausswirth y Brisswalter, 2005).



◀ **Figura 1**  
Evolución del CM a lo largo de la carrera de control y la transición (media ± error típico).



◀ **Figura 2**  
Evolución del consumo de oxígeno a lo largo de la carrera de control y la transición (media ± error típico).



◀ **Figura 3**  
Evolución de la velocidad (Vel) a lo largo de la carrera de control y la transición (media ± error típico).

En la comparación por vueltas (fig. 3) se observan diferencias en la velocidad hasta la quinta vuelta. Esto sugiere que el efecto negativo de la prefatiga se compensa a lo largo de la carrera (Boussana *et al.*, 2001; Millet y Vleck, 2000). La ausencia de diferencias en las variables cardiorrespiratorias sugiere que los mecanismos que pueden explicar este fenómeno se relacionarían con factores periféricos (Nummela *et al.*, 2006; Paavolainen, Nummela, Rusko y Hakkinen, 1999) tales como, la mayor implicación de la contracción excéntrica en la carrera frente al ciclismo (Carter *et al.*, 2000).

Otro de los hallazgos de este estudio es la aparición de diferencias en la relación VE/VO<sub>2</sub> y en la FC, significativamente mayores en la prueba T (tabla 1). Otros estudios han mostrado resultados similares sugiriendo un descenso de la eficiencia respiratoria durante T (Boussana *et al.*, 2003; Hue, Le Gallais, Boussana, Chollet y Prefaut, 1999; Hue *et al.*, 1998; Hue, Le Gallais y Prefaut, 2001). Sin embargo, también se han presentado diferencias en la relación VE/VCO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub> y VE (Guezennec *et al.*, 1996; Hausswirth, Bigard, Berthelot, Thomaidis y Guezennec, 1996; Hue *et al.*, 1999; Hue *et al.*, 1998; Hue *et al.*, 2001; Kreider, Boone, Thompson, Burkes y Cortes, 1988). La ausencia de diferencias en algunas de las variables cardiorrespiratorias podrían relacionarse con el alto nivel de nuestros triatletas (Millet *et al.*, 2000), así como con una prefatiga insuficiente para generarlas.

## Conclusiones

El presente trabajo confirma el efecto negativo de la prefatiga sobre el rendimiento de la carrera durante la segunda transición del triatlón; sin embargo, ésta no afecta al CM en triatletas jóvenes de élite, lo que sugiere la importancia de esta variable en la detección de talentos.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Juan Rodríguez Biehn su colaboración en este trabajo. Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y el Consejo Superior de Deportes, expediente n.º 04/UPB10/05.

## Bibliografía

Ariens, G. A.; van Mechelen, W.; Kemper, H. C. y Twisk, J. W. (1997). The longitudinal development of running economy in males and females aged between 13 and 27 years: the Amsterdam Growth

- and Health Study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 76(3), 214-220.
- Bernard, T.; Vercruyssen, F.; Grego, F.; Hausswirth, C.; Lepers, R.; Vallier, J. M. *et al.* (2003). Effect of cycling cadence on subsequent 3 km running performance in well trained triathletes. *Br J Sports Med*, 37(2), 154-159.
- Boussana, A.; Galy, O.; Hue, O.; Matecki, S.; Varray, A.; Ramonatto, M. *et al.* (2003). The effects of prior cycling and a successive run on respiratory muscle performance in triathletes. *Int J Sports Med*, 24(1), 63-70.
- Boussana, A.; Matecki, S.; Galy, O.; Hue, O.; Ramonatto, M. y Le Gallais, D. (2001). The effect of exercise modality on respiratory muscle performance in triathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12), 2036-2043.
- Carter, H.; Jones, A. M.; Barstow, T. J.; Burnley, M.; Willimas, C. A.; y Doust, J. H. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol*, 89(3), 899-907.
- Di Prampero, P. E. (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med*, 7(2), 55-72.
- Díaz, V.; Benito, P. J.; Peinado, A. B.; Álvarez, M.; Martín, C. y di Salvo, V. *et al.* (2008). Validation of a new portable metabolic system during an incremental running test. *J Sport Sci Med*, 7(4), 532-536.
- Gottschall, J. S. y Palmer, B. M. (2002). The acute effects of prior cycling cadence on running performance and kinematics. *Med Sci Sports Exerc*, 34(9), 1518-1522.
- Guezennec, C. Y.; Vallier, J. M.; Bigard, A. X. y Durey, A. (1996). Increase in energy cost of running at the end of a triathlon. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(5), 440-445.
- Hausswirth, C.; Bigard, A. X.; Berthelot, M.; Thomaidis, M. y Guezennec, C. Y. (1996). Variability in energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. *Int J Sports Med*, 17(8), 572-579.
- Hausswirth, C.; Bigard, A. X. y Guezennec, C. Y. (1997). Relationships between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. *Int J Sports Med*, 18(5), 330-339.
- Hausswirth, C.; Brisswalter, J.; Vallier, J. M.; Smith, D.; Lepers, R. (2000). Evolution of electromyographic signal, running economy, and perceived exertion during different prolonged exercises. *Int J Sports Med*, 21(6), 429-436.
- Hue, O.; Le Gallais, D.; Boussana, A.; Chollet, D. y Prefaut, C. (1999). Ventilatory responses during experimental cycle-run transition in triathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 31(10), 1422-1428.
- Hue, O.; Le Gallais, D.; Boussana, A.; Chollet, D. y Prefaut, C. (2000). Performance level y cardiopulmonary responses during a cycle-run trial. *Int J Sports Med*, 21(4), 250-255.
- Hue, O.; Le Gallais, D.; Chollet, D.; Boussana, A. y Prefaut, C. (1998). The influence of prior cycling on biomechanical and cardiorespiratory response profiles during running in triathletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(1-2), 98-105.
- Hue, O.; Le Gallais, D. y Prefaut, C. (2001). Specific pulmonary responses during the cycle-run succession in triathletes. *Scand J Med Sci Sports*, 11(6), 355-361.
- Hue, O.; Valluet, A.; Blanc, S. y Hertogh, C. (2002). Effects of multicycle-run training on triathlete performance. *Res Q Exerc Sport*, 73(3), 289-295.
- Kreider, R. B.; Boone, T.; Thompson, W. R.; Burkes, S. y Cortes, C. W. (1988). Cardiovascular and thermal responses of triathlon performance. *Med Sci Sports Exerc*, 20(4), 385-390.
- Landers, G. J.; Blanksby, B. A.; Ackland, T. R. y Smith, D. (2000).

- Morphology and performance of world championship triathletes. *Ann Hum Biol*, 27(4), 387-400.
- Lepers, R.; Millet, G. Y. y Maffiuletti, N. A. (2001). Effect of cycling cadence on contractile and neural properties of knee extensors. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1882-1888.
- Miller, M. R.; Hankinson, J.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Coates, A. *et al.* (2005). Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 26(2), 319-338.
- Millet, G. P. y Bentley, D. J. (2004). The physiological responses to running after cycling in elite junior and senior triathletes. *Int J Sports Med*, 25(3), 191-197.
- Millet, G. P.; Millet, G. Y.; Hofmann, M. D. y Candau, R. B. (2000). Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: influence of performance level. *Int J Sports Med*, 21(2), 127-132.
- Millet, G. P. y Vleck, V. E. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *Br J Sports Med*, 34(5), 384-390.
- Miura, H.; Kitagawa, K. y Ishiko, T. (1997). Economy during a simulated laboratory test triathlon is highly related to Olympic distance triathlon. *Int J Sports Med*, 18(4), 276-280.
- Miura, H.; Kitagawa, K. y Ishiko, T. (1999). Characteristic feature of oxygen cost at simulated laboratory triathlon test in trained triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 39(2), 101-106.
- Nummela, A. T.; Paavolainen, L. M.; Sharwood, K. A.; Lambert, M. I.; Noakes, T. D. y Rusko, H. K. (2006). Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol*, 97(1), 1-8.
- O'Toole, M. L. y Douglas, P. S. (1995). Applied physiology of triathlon. *Sports Med*, 19(4), 251-267.
- Paavolainen, L.; Nummela, A.; Rusko, H. y Hakkinen, K. (1999). Neuromuscular characteristics and fatigue during 10 km running. *Int J Sports Med*, 20(8), 516-521.
- Perret, C. y Mueller, G. (2006). Validation of a new portable ergospirometric device (Oxycon Mobile) during exercise. *Int J Sports Med*, 27(5), 363-367.
- Quanjer, P. H.; Tammeling, G. J.; Cotes, J. E.; Pedersen, O. F.; Peslin, R. y Yernault, J. C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J Suppl* (16), 5-40.
- Quigley, E. J. y Richards, J. G. (1996). The effects of cycling on running mechanics. *J Appl Biomech*, 12(4), 470-479.
- Rosdahl, H. y Gullstrand, L. (2004, 3-6 July). *Validity and reproducibility of the Oxycon Mobile portable BBB metabolic system as compared to the Douglas bag technique*. Paper presented at the 9<sup>th</sup> Annual Congress of European College of Sport Science, Clermont-Ferrand (France).
- Rowlands, D. S. y Downey, B. (2000). Physiology of Triathlon. In W. E. J. Garret & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 919-939). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sjodin, B. y Svedenhag, J. (1992). Oxygen uptake during running as related to body mass in circumpubertal boys: a longitudinal study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(2), 150-157.
- Vercruyssen, F.; Brisswalter, J.; Hauswirth, C.; Bernard, T.; Bernard, O. y Vallier, J. M. (2002). Influence of cycling cadence on subsequent running performance in triathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3), 530-536.
- Vercruyssen, F.; Suriano, R.; Bishop, D.; Hauswirth, C. y Brisswalter, J. (2005). Cadence selection affects metabolic responses during cycling and subsequent running time to fatigue. *Br J Sports Med*, 39(5), 267-272.
- World Medical Association. (2004, 17/05/05). Declaration of Helsinki. Retrieved 01/05/01, 2005, from <http://www.wma.net/e/ethicsunit/helsinki.htm>
- Zderic, T. W.; Ruby, B. C.; Hartpence, J. W. y Meyers, M. (1997). Physiological predictors of combined cycling and running performance in trained male triathletes [abstract no. 1262]. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5 Suppl.), S221.