

# EVOLUCIÓN DEL ESFUERZO EN CICLISTAS PROFESIONALES A LO LARGO DE UNA VUELTA POR ETAPAS

## STRESS IN PROFESSIONAL CYCLISTS IN THE COURSE OF A LONG STAGE RACE

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue analizar el esfuerzo desarrollado por ciclistas profesionales a lo largo de las diferentes semanas que componen la Vuelta Ciclista a España. El estudio se dividió en dos partes, la primera consistió en realizar, una semana antes del comienzo de la Vuelta a España, una prueba de esfuerzo para determinar los umbrales ventilatorios, VT1 (umbral aeróbico) y VT2 (umbral anaeróbico). Teniendo en cuenta la frecuencia cardiaca a la que aparecían estos umbrales se establecieron 3 zonas de intensidad: una zona por debajo del umbral aeróbico (Z1), otra entre el umbral aeróbico y anaeróbico (Z2) y una tercera por encima del umbral anaeróbico (Z3). La segunda parte del estudio consistió en monitorizar la frecuencia cardiaca en las diferentes etapas que componían la Vuelta a España de 1999 y 2000.

Después del día de descanso, colocado a mitad de vuelta, se obtuvieron los mayores porcentajes y tiempos de trabajo en la zona situada entre el umbral aeróbico y anaeróbico (Z2) ( $48.06 \pm 1.92\%$  y  $1244.19 \pm 48.11$  min.). Cuando se estudio la intensidad con que se afrontaron las diferentes semanas de competición se observó de manera significativa como los ciclistas permanecían mayor tiempo en Z2 durante la 2ª ( $854.3 \pm 27.7$  min) y 3ª semana ( $810.79 \pm 25.43$  min) que en la 1ª semana ( $627.7 \pm 36.3$ ). El mismo comportamiento se observó cuando se analizó el porcentaje de tiempo que permanecieron en esta zona ( $50.6 \pm 1.2$ ,  $46.8 \pm 2.3$  y  $37.1 \pm 1.5$  para la 2ª, 3ª y 1ª semana respectivamente). No se hallaron diferencias significativas en el tiempo, ni en el porcentaje de trabajo por encima del umbral anaeróbico durante las diferentes semanas de competición, ni antes y después del día de descanso.

En conclusión la intensidad de esfuerzo desarrollada por los ciclistas profesionales va a estar influenciada por la orografía y el tipo de etapa. Posiblemente en la última semana de competición de una gran vuelta se de un principio de sobreentrenamiento que impidiera al ciclista rendir a altas intensidades de trabajo.

**Palabras clave:** Ciclismo. Vuelta a España. Frecuencia cardiaca. umbral anaeróbico.

### SUMMARY

The purpose of this study was to analyze the evolution of stress intensity in professional cyclists over the several weeks the Vuelta a España lasted. This study was divided into two parts; the first part was performed one week prior to the beginning of the Vuelta a España and consisted of a stress test in order to define ventilation thresholds, VT1 (aerobic threshold) and VT2 (anaerobic threshold). Taking into account the heart rate at which these thresholds emerged, 3 zones of intensity were established: one below the aerobic threshold (Z1), another one between the aerobic and anaerobic thresholds (Z2), and a third one above the anaerobic threshold (Z3). The second part of the study was based on monitoring the cyclists' heart rate during the various stages of the 1999 and 2000 Vuelta a España.

After the day off, scheduled half way through the race, higher percentages and amounts of work time were obtained in the zone between the aerobic and anaerobic thresholds (Z2) ( $48.1 \pm 1.92\%$  and  $1244.2 \pm 48.1$  min). When the intensity with which the cyclists undertook the different weeks of the competition were assessed, significant differences were observed, wherein the cyclists remained longer in Z2 during weeks 2 ( $854.3 \pm 27.7$  min) and 3 ( $810.79 \pm 25.43$  min) than they had in the 1st week ( $627.7 \pm 36.3$ ). The same pattern was observed when the percentage of time spent in zone 2 was analyzed ( $50.6 \pm 1.2$ ,  $46.8 \pm 2.3$ ,  $37.1 \pm 1.5$  for the 2nd, 3rd, and 1st weeks, respectively). There were no significant differences regarding the amount of time or the percentage of work above the anaerobic threshold over the several weeks of competition, or prior to vs. the week following the day off.

In conclusion, the intensity of the stress exerted by professional cyclists is going to differ depending upon the orography and type of stage. It is possible that in the last week of competition of a long, multi-legged race, a principle of overtraining can occur, thus preventing the cyclist from performing well at high workload intensities.

**Key words:** Cycling. Vuelta a España. Heart rate. Anaerobic threshold.

**JA. Rodríguez Marroyo**

**J. García López**

**C. Ávila**

**F. Jiménez**

**A. Córdoba**

**JG. Villa Vicente**

Instituto de Ciencias de la Educación Física y el Deporte (ICAFD) de Castilla y León. Universidad de León.

### CORRESPONDENCIA:

Jose A. Rodríguez Marroyo. ICAFD de Castilla y León. Campus de Vegazana, s/n. 24071 León. Tel.: 987 875794. Fax: 987 876540. e-mail: inepin@terra.es

**Aceptado:** 25-09-2002

## INTRODUCCIÓN

Son recientes los estudios realizados en ciclismo que tratan de describir la intensidad del esfuerzo desarrollada por los ciclistas en diferentes condiciones de competición<sup>5,9,13-15</sup>. Todos coinciden en la utilización de determinados marcadores de tipo metabólico<sup>17</sup>. De esta manera con la determinación de los umbrales ya sea por metodología láctica<sup>14</sup> o ventilatoria<sup>9</sup> se pueden establecer zonas de intensidad o trabajo<sup>1-3,6-8</sup>, que nos ayuden a estudiar de una manera más metódica el esfuerzo desarrollado por el ciclista en la competición.

Utilizando la metodología anterior se ha estudiado el esfuerzo desarrollado por ciclistas profesionales durante la competición<sup>5,9,13-15</sup>. Todos los estudios coinciden en clasificar al ciclismo como un deporte de resistencia, predominantemente aeróbico, pero a pesar de ello destacan la existencia en la competición de todo tipo de esfuerzos (subir un puerto, atacar al contrario, sprintar, ir escapado, realizar una contrareloj...). También resaltan la importancia de la orografía del terreno en el requerimiento energético, siendo las etapas más duras las que requieren una contribución más importante y decisiva del metabolismo anaeróbico<sup>5</sup>.

En la bibliografía no existen estudios que analicen el esfuerzo realizado por los ciclistas en función de los días de competición que se van acumulando en una vuelta por etapas. Por ello el objetivo de este trabajo ha sido analizar el esfuerzo realizado por los ciclistas de un equipo profesional en cada una de las semanas de competición que componen una Vuelta Ciclista a España. A su vez también se analizó y comparó la intensidad con que los ciclistas afrontaban las vueltas antes y después del día de descanso.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos

Los sujetos que realizaron este estudio fueron 18 ciclistas profesionales pertenecientes al Equipo Colchones Relax-Fuenlabrada, Grupo Deportivo tipo-II de la Unión Ciclista Internacional (U.C.I), que compitieron en la Vuelta a España de 1999 y 2000. Todos estaban en perfecto estado de salud, como puso de manifiesto el oportuno reconocimiento médico y pruebas de esfuerzo realizadas antes del comienzo de las vueltas. Se les informó y adiestró en el trabajo que se pretendía llevar a cabo, habiéndose obtenido su consentimiento y participación voluntaria.

### Diseño del estudio

El estudio constó de dos partes, una primera realizada una semana antes del inicio de las Vueltas a España de 1999 y 2000, donde se sometió a los ciclistas a una prueba de esfuerzo para determinar su  $VO_{2max}$  y sus umbrales ventilatorios (VT1 y VT2), entre otros parámetros ergoespirométricos, atendiendo a los criterios de Davis, 1985. La segunda parte del estudio consistió en la monitorización y almacenaje de la respuesta cardiaca, en un pulsómetro, durante las diferentes etapas que componían la Vuelta Ciclista a España, para posteriormente transferir mediante un interface los registros a un ordenador, y así poder analizar las intensidades de trabajo y cuantificar el esfuerzo realizado.

### Test de laboratorio

Los ciclistas fueron sometidos a una prueba de esfuerzo maximal, en un ciclo simulador (Cateye CS-1000, Cateye CO. LTD. Japan) sobre el que se fijaba la bicicleta del ciclista. El test se iniciaba a una velocidad de  $32 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  y se incrementaba en un  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  cada minuto hasta que el ciclista no era capaz de mantener la velocidad fijada. Se monitorizó la respuesta cardiaca (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Finland) y análisis de gases, respiración a respiración, durante todo el esfuerzo (Medical Graphics System CPX-Plus de Medical Graphics Corporation, St. Paul, Minnesota, EE.UU). Las condiciones de laboratorio (entre las 9:00h y 14:00h) y de calentamiento fueron las mismas para todos los ciclistas, al igual que la recomendación de realizar el día anterior a la prueba de esfuerzo un entrenamiento ligero y una dietética en hidratos de carbono.

Posteriormente se identificaron los umbrales ventilatorios, atendiendo al criterio del incremento de la VE y del aumento del  $VE\cdot VO_2^{-1}$  sin el aumento del  $VE\cdot VCO_2^{-1}$  para el VT1 y el incremento del  $VE\cdot VO_2^{-1}$  con un incremento paralelo del  $VE\cdot VCO_2^{-1}$  para hallar el VT2<sup>4</sup>.

### Vueltas Ciclistas

Los ciclistas fueron adiestrados en la monitorización telemétrica de la frecuencia cardiaca durante las vueltas anteriores a las analizadas en el presente estudio. Los ciclistas grabaron los registros de frecuencia cardiaca durante todas las etapas que conformaban las vueltas, con una frecuencia de 5 segundos (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Finland). Posteriormente, a través de un software específico (Training Advisor SW for Windows<sup>®</sup>, Polar Electro Oy, Finland) se volcaron todos los datos al

ordenador para ser analizados y determinar las intensidades de esfuerzo de cada ciclista.

Se establecieron tres tipos de intensidades en función de la frecuencia cardíaca a la que aparecían los umbrales ventilatorios determinados en el laboratorio<sup>3,6</sup>, una por debajo del VT1 (Z1, zona aeróbica o zona de regeneración, correspondiente a una intensidad menor al 65% del VO<sub>2max</sub>), otra entre el VT1 y VT2 (Z2, zona de transición aeróbica-anaeróbica o zona moderada, correspondiente al 65%-85% del VO<sub>2max</sub>) y una tercera por encima del VT2 (Z3 o zona anaeróbica, que corresponde a una intensidad mayor del 85% del VO<sub>2max</sub>).

Los parámetros analizados para cada una de las etapas fueron los kilómetros, duración (minutos), frecuencia cardíaca (ppm) máxima (FC max) y promedio (FC promedio), tiempo (minutos) de permanencia por debajo del umbral aeróbico (Z1), entre el umbral aeróbico-anaeróbico (Z2) y por encima del umbral anaeróbico (Z3), porcentaje de trabajo (%) por debajo del umbral aeróbico (Z1), entre el umbral aeróbico-anaeróbico (Z2) y por encima del umbral anaeróbico (Z3).

**Análisis estadístico**

Los resultados se expresan como media ± error estándar de la media (SEM). Para determinar las diferencias existentes entre los parámetros analizados se realizó un análisis de la varianza utilizándose el test de Newman-Keuls para establecer las diferencias significativas entre medias. Valores para p < 0,05 fueron considerados estadísticamente significativos. Para este análisis se usó el software SPSS+ vers. 4.0 statistical software (Chicago, IL).

**RESULTADOS**

**Pruebas de laboratorio**

Los resultados medios de las pruebas de esfuerzo y antropométricas realizadas en el laboratorio antes de la

Vuelta a España de 1999 y 2000, que definen las características morfofuncionales y ergoespirométricas de los ciclistas que participaron en dichas vueltas se muestran en la Tabla 1.

**Características de las Vueltas Ciclistas analizadas**

En la Vuelta a España de 1999 los ciclistas recorrieron un total de 3.591 km., invirtiendo unas 94 horas aproximadamente en recorrerlos. La edición del 2000 tuvo 2.885 km que fueron completados en aproximadamente 76 horas.

En la Tabla 2 se muestran los kilómetros de los diferentes tipos de etapa que componen las tres semanas de la Vuelta a España de 1999 y 2000. La clasificación de las diferentes etapas coincide con la realizada por la organización de las vueltas en el libro de ruta.

No hay diferencias significativas en el tiempo ni en los kilómetros recorridos antes (2473.4 ± 13.9 min, 1624 ± 8.8 km) y después del día de descanso (2658.4 ± 50.2 min, 1639.8 ± 9.7 km). Lo mismo sucede cuando se comparan los kilómetros y el tiempo en función de las distintas semanas de competición (Tabla 3).

**Intensidad de esfuerzo antes y después del día de descanso**

Se encuentran valores de FC max significativamente mayores antes (181 ± 1 ppm) que después del día de

Peso (kg)	67,3 ± 1,6
Grasa corporal (%)	7,5 ± 0,7
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	79 ± 1,7
FC VT2 (ppm)	168 ± 1,4
VO <sub>2</sub> VT2 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	64 ± 2,8
FC VT1 (ppm)	138,5 ± 0,7
VO <sub>2</sub> VT1 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	52,8 ± 2,1

VT2, umbral anaeróbico; VT1, umbral aeróbico.

**TABLA 1.-** Características antropométricas y ergoespirométricas medias de los sujetos antes de la Vuelta a España de 1999 y 2000

	Contrareloj		Llanas	Media montaña		Alta montaña		
	VE'99	VE'00		VE'99	VE'00	VE'99	VE'00	
Antes día descanso	52,5	50,9	1017	848,9	345,8	327,7	175,6	302,3
Después día descanso	46,5	38	680,6	560,3	425,4	451,4	848,3	314,5
1ª semana	52,5	13,3	1017	680,4	160	327,7		
2ª semana		37,6	324,2	443,3	185,8		673	448,8
3ª semana	46,5	38	356,4	285,5	425,4	451,4	350,9	168

VE'99, Vuelta a España 1999; VE'00, Vuelta a España 2000.

**TABLA 2.-** Kilometraje y tipo de etapas que integran la Vuelta a España de 1999 y 2000

descanso ( $177 \pm 1$  ppm), el mismo comportamiento se observa en la FC promedio ( $143 \pm 1$ ,  $138 \pm 1$  ppm) (Tabla 4).

Si analizamos las distintas zonas de esfuerzo establecidas se obtienen diferencias significativas en el tiempo (Tabla 4) y en el porcentaje (Figura 2) de trabajo en Z2, ( $1048,6 \pm 25,8$  min y  $42,4 \pm 1\%$  antes del día de descanso,  $1244,2 \pm 48,1$  min y  $48,1 \pm 1,9\%$  después del día de descanso).

### Intensidad de esfuerzo en las distintas semanas de competición

La FC max disminuye significativamente con el paso de las semanas de competición ( $183 \pm 1$ ,  $179 \pm 1$  y  $175 \pm 1$  ppm en la 1ª, 2ª y 3ª semana respectivamente). Los menores valores de FC promedio se obtienen en la 3ª semana,  $135 \pm 1$  ppm frente a las  $142 \pm 2$  y  $144 \pm 1$  ppm obtenidas en la 1ª y 3ª semana.

	1ª semana	2ª semana	3ª semana
Kilómetros	$1132 \pm 26$	$1064 \pm 31,6$	$1069 \pm 29,4$
Tiempo (min)	$1674,5 \pm 37,4$	$1699,7 \pm 60,2$	$1757,6 \pm 43,6$
FC max.	$183 \pm 1^{\#}$	$179 \pm 1^{\#}$	$175 \pm 1$
FC promedio	$142 \pm 2^{\#}$	$144 \pm 1^{\#}$	$135 \pm 1$
% FC max.	$77,7 \pm 0,8$	$80,2 \pm 0,6^{\#}$	$77,2 \pm 0,7$
Tiempo en Z1 (min)	$921,5 \pm 28^*$	$702,7 \pm 49,6^{\#}$	$853,3 \pm 61,9$
Tiempo en Z2 (min)	$627,7 \pm 36,3^{\#}$	$854,3 \pm 27,7$	$810,8 \pm 25,4$
Tiempo en Z3 (min)	$117,8 \pm 15,4$	$142 \pm 25$	$92,1 \pm 21,5$

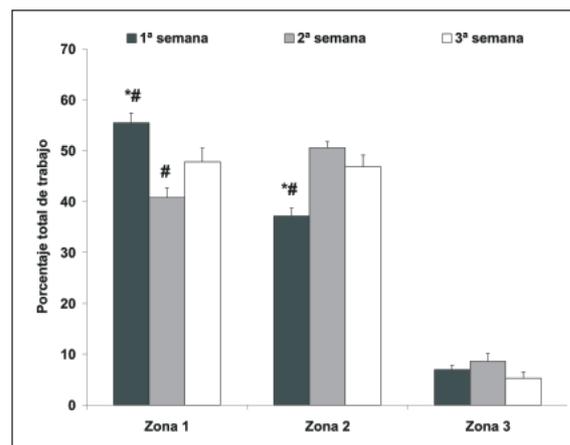
%FCmax, relación entre la FCmax y la FC promedio; Z1, zona aeróbica; Z2, zona anaeróbica-aeróbica; Z3, zona anaeróbica. \*, diferencias significativas con la 2ª semana, #, diferencias significativas con la 3ª semana

**TABLA 3.-**  
Parámetros analizados en las tres semanas de la Vuelta Ciclista a España de 1999 y 2000

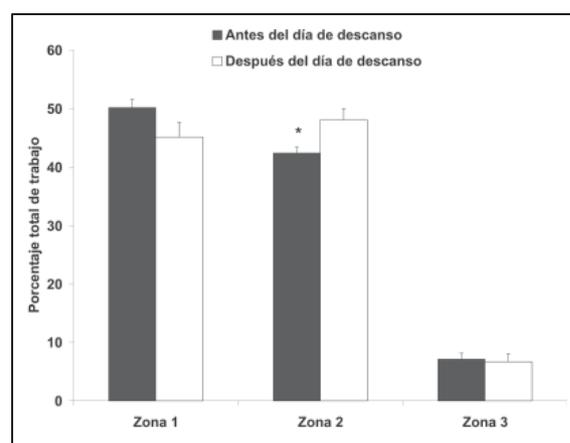
	Antes del día de descanso	Después del día de descanso
Kilómetros	$1624 \pm 8,8$	$1639,8 \pm 9,7$
Tiempo (min)	$2473,4 \pm 13,9$	$2658,4 \pm 50,2$
FC max.	$181 \pm 1$	$177 \pm 1^*$
FC promedio	$143 \pm 1$	$138 \pm 1^*$
% FCmax.	$78,7 \pm 0,6$	$77,8 \pm 0,5$
Tiempo en Z1 (min)	$1240,3 \pm 36,2$	$1237,3 \pm 5$
Tiempo en Z2 (min)	$1048,6 \pm 25,8$	$1244,2 \pm 48,1^*$
Tiempo en Z3 (min)	$177,1 \pm 24,8$	$174,8 \pm 34,5$

%FCmax, relación entre la FCmax y la FC promedio; Z1, zona aeróbica; Z2, zona anaeróbica-aeróbica; Z3, zona anaeróbica. \*, diferencias significativas.

**TABLA 4.-**  
Parámetros analizados antes y después del día de descanso



**FIGURA 1.-**  
Porcentajes de trabajo en las semanas de competición. \*, diferencias significativas con la 2ª semana,  $p < 0,05$ ; # diferencias significativas con la 3ª semana,  $p < 0,05$



**FIGURA 2.-**  
Comparación de los porcentajes de trabajo en las diferentes zonas de intensidad analizadas antes y después del día de descanso. \*, diferencias significativas,  $p < 0,05$

El tiempo que permanecieron los ciclistas en las diferentes intensidades de esfuerzo analizadas se muestra en la Tabla 3. En la Figura 1 se observan los porcentaje de trabajo en Z1, Z2 y Z3.

## DISCUSIÓN

El elevado porcentaje al que aparece el umbral anaeróbico respecto al consumo máximo de oxígeno, el elevado valor de éste, así como el bajo porcentaje de grasa hallado en los ciclistas del estudio, muestra la adaptación de estos deportistas al ejercicio de resistencia, coincidiendo los valores con los descritos por otros autores para ciclistas profesionales<sup>9-14</sup>.

Las grandes vueltas ciclistas como la Vuelta a España, Giro de Italia y Tour de Francia se caracterizan por tener aproximadamente 21 días de competición los cuales están divididos por uno de descanso que suele situarse a mitad de la vuelta. De esta manera podemos dividir la Vuelta a España en 2 mitades más o menos idénticas, de hecho los resultados indican la homogeneidad que hay en los kilómetros recorridos y en el tiempo de carrera entre el antes y el después del día de descanso (Tabla 4). Cuando se analiza la intensidad de esfuerzo con la que se han recorrido las dos mitades de la Vuelta a España, solamente se obtienen diferencias significativas en la zona de esfuerzo situada entre el umbral aeróbico y anaeróbico, encontrándose los valores más altos después del día de descanso, quizás debido a la influencia que pudiera tener sobre la intensidad la orografía de las etapas, en este sentido se ha descrito que las etapas de montaña y contrareloj implican mayor dureza que las etapas llanas<sup>9,14,15</sup>. Cuando se comparan etapas de montaña entre sí, la intensidad aumenta en aquellas de mayor dureza orográfica<sup>9,14</sup>. Si analizamos los tipos de etapas que componen la Vuelta a España de 1999 y 2000 (Tabla 2) se observa como existe un mayor número de kilómetros en las etapas de alta y media montaña después del día de descanso, lo cual comprometería un mayor porcentaje y tiempo de trabajo a nivel del umbral anaeróbico y por encima de éste<sup>5,9,10,13-15</sup>. A pesar del mayor número de contrarelojes antes del día de descanso, el número de kilómetros (aproximadamente una media de 50 y 40 km antes y después de las dos vueltas) es similar. Pudiendo ser esta la razón de las diferencias encontradas en Z2 entre la 1ª y 2ª parte de la vuelta. Este misma justificación explicaría las diferencias existentes entre las semanas de competición en Z2, ya que los mayores valores, ya sean expresados de manera absoluta (minutos) o relativa (porcentaje) se encuentran en la 2ª y 3ª semana donde hay un mayor número de kilómetros de montaña.

Aunque el metabolismo anaeróbico va a estar implicado de manera importante y determinante en las etapas de montaña<sup>9,14</sup>, no se han obtenido diferencias significativas en el trabajo realizado por los ciclistas en Z3 (por encima del umbral anaeróbico) en función del día de descanso (Figura 2) y de las semanas de competición (Figura 1), a pesar de la existencia de un mayor número de kilómetros de montaña después del día de descanso y en la segunda semana de carrera. Por el contrario se observa una tendencia a ser mayor tanto el tiempo como el porcentaje de trabajo en Z3 antes del día de descanso (Figura 2). Al

analizar las semanas de competición se encuentran los valores más elevados en la 2ª semana, seguidos por 1ª semana y la 3ª semana (Figura 1) a pesar de que esta última posee un mayor número de etapas de montaña que la 1ª. Este comportamiento pudiera ser debido a una limitación de la capacidad anaeróbica del ciclista como sugirieron Fernández *et al.* (2000) al comparar la intensidad de ejercicio desarrollada por ciclistas profesionales en los diferentes tipos de etapas de un Tour de Francia y Vuelta España, encontraron que el tiempo de permanencia por encima del umbral anaeróbico en los ciclistas era similar (en torno a los 20 min).

Si se observa la Tabla 3 se ve como hay un descenso significativo en los valores de frecuencia cardiaca (máxima y promedio) de la 1ª a la 3ª semana de competición, lo mismo sucede en la primera parte (antes del día de descanso) y en la segunda parte de la competición (después del día de competición) (Tabla 4). De esta manera a pesar de situarse la mayor dureza orográfica en la 2ª y 3ª semana de competición la frecuencia cardiaca es menor que en la 1ª semana de competición. El comportamiento de la frecuencia cardiaca como la no existencia de diferencias en la intensidad de trabajo por encima del umbral anaeróbico se podría deber a la táctica de carrera empleada por los ciclistas del Equipo Colchones Relax-Fuenlabrada, caracterizada por correr de una manera agresiva y combativa, protagonizando largas escapadas en las etapas llanas, pero no caracterizándose por ser grandes escaladores ni por disputar las etapas de montaña. Otra hipótesis podría ser el acúmulo de daño muscular producido a lo largo de las etapas de una vuelta de tres semanas<sup>11</sup>, pudiendo ser limitante del rendimiento de un ciclista, incluso cuando el sistema cardiopulmonar no llega al máximo estrés<sup>9</sup>. Dándose este hecho fundamentalmente en las últimas etapas de una vuelta<sup>9</sup>. También pudiera darse en aquellos tramos de carrera de gran exigencia (ascender rampas de un gran porcentaje) que implicasen una gran fatiga local en las extremidades inferiores<sup>9</sup> que dificultase un aumento de la frecuencia cardiaca.

En conclusión las mayores intensidades de trabajo obtenidas por los ciclistas del estudio se encuentran influenciadas por la orografía del terreno. Posiblemente la fatiga local de las extremidades inferiores impida a los ciclistas rendir a intensidades elevadas en la última semana de la vuelta, produciéndose un principio de sobreentrenamiento.

## B I B L I O G R A F I A

1. **Babeau P, Serresse O, Boulay MR.** Using maximal and submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season. *Med Sci Sports Exerc* 1993;5:1062-9.
2. **Boulay MR.** Physiological monitoring of elite cyclists. *Sports Med* 1995;11: 1-11.
3. **Boulay MR, Simoneau J, Lortie G, Bouchard C.** Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:125-32.
4. **Davis JA.** Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:6-18.
5. **Fernández B, Pérez J, Rodríguez M, Terrados N.** Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1002-6.
6. **Gilman M.** The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Med* 1996;21:73-9.
7. **Gilman MB, Wells CL.** The use of heart rates to monitor exercise intensity relation to metabolic variables. *Int J Sports Med* 1993;14:339-44.
8. **Jeukendrup A, Vandiemen A.** Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci* 1998;16:91-9.
9. **Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL.** Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *Int J Sports Med* 1999;20:167-72.
10. **Lucía A, Hoyos J, Pérez M, Chicharro JL.** Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1777-82.
11. **Mena P, Maynar M, Campillo JE.** Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. *Br J Sports Med* 1996; 30:122-236.
12. **Padilla S, Mújica I, Cuesta G, Goiriena JJ.** Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31: 878-85.
13. **Padilla S, Mújica I, Orbañanos J, Angulo F.** Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:850-6.
14. **Padilla S, Mújica I, Orbañanos J, Santisteban J, Angulo F, Goiriena JJ.** Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33: 796-802.
15. **Palmer G, Hawley JA, Dennis SC, Noakes TD.** Heart rate responses during a 4-d cycle stage race. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26:1278-83.
16. **Skinner JS, McLellan TH.** The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport* 1980;51:234-48.
17. **Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL.** Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35:236-242.