

INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y OROGRAFÍA EN CICLISTAS PROFESIONALES

EXERCISE INTENSITY AND OROGRAPHY IN PROFESSIONAL CYCLISTS

RESUMEN

El propósito del estudio fue analizar la intensidad del esfuerzo realizado por ciclistas profesional en los diferentes puertos de montaña ascendidos en la Vuelta España de 1999 y 2000.

El estudio constó de 2 fases, en la primera se realizó a todos los ciclistas del estudio una prueba de esfuerzo antes de comenzar las Vueltas a España, determinándose los umbrales ventilatorios, aeróbico y anaeróbico. En la segunda fase se monitorizó la respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) de los ciclistas cuando ascendían a los puertos de montaña, de categoría Especial (PME), de 1ª categoría (PM1), 2ª categoría (PM2) y 3ª categoría (PM3). Se establecieron tres zonas de trabajo en función de los umbrales determinados en el laboratorio, una por encima del umbral anaeróbico (Z3), otra por debajo del umbral aeróbico (Z1) y una última entre los dos umbrales (Z2).

Se obtuvieron frecuencias cardiacas máximas (FC_{max}) (174 ± 0.84 ppm) y frecuencias cardiacas medias (FC_m) (160 ± 0.99 ppm) significativamente mayores en los PM1ª con respecto a PME, PM2 y PM3 (155 ± 1.06 , 156 ± 0.82 , 153 ± 0.99 ppm, respectivamente). La media de tiempo que permanecieron en Z3 fue de 4.04 ± 1.21 , 10.72 ± 1.42 , 4.28 ± 0.60 y 2.19 ± 0.24 min.; en Z2 se estuvo 43.14 ± 1.46 , 44.26 ± 3.14 , 21.60 ± 1.06 y 11.89 ± 1.07 min.; y en Z1, 5.57 ± 0.81 , 4.80 ± 0.58 , 3.31 ± 0.30 y 4.40 ± 0.31 min. en PME, PM1, PM2 y PM3 respectivamente. Finalmente los porcentajes de trabajo en Z3, Z2 y Z1 fueron, respectivamente, 8.08 ± 2.49 , 81.55 ± 2.59 y $10.18 \pm 1.40\%$ para PME; 21.16 ± 2.90 , 70.58 ± 2.69 y $24 \pm 1.03\%$ en los PM1; 15 ± 1.83 , 71.99 ± 1.80 y $12.99 \pm 1.24\%$ en PM2 y 17.31 ± 1.98 , 59.47 ± 1.96 y $23.31 \pm 1.65\%$ en PM3.

En conclusión las ascensiones a los puertos de montaña es una actividad de esfuerzo intenso y así lo refleja el porcentaje y el tiempo que los ciclistas permanecieron por entre el umbral aeróbico-anaeróbico y por encima de éste. Si comparamos unos puertos con otros la intensidad del esfuerzo decrece en el siguiente orden: PM1, PME, PM2 y PM3.

Palabras clave: Puerto de montaña, frecuencia cardiaca, telemetría, umbral anaeróbico.

SUMMARY

The purpose of the study was to analyse the intensity of the effort performed by professional cyclists in the various mountain passes climbed during the 1999 and 2000 Vuelta a España (Tour of Spain).

The study consisted of 2 phases. In the first, all of the cyclists in the study carried out an effort test before beginning the Vuelta a España. Both aerobic and anaerobic ventilatory thresholds were determined. In the second, the cyclists' heart rate (HR) response was monitored as they climbed the special category (SCP), 1st category (1st CP), 2nd category (2nd CP) and 3rd category mountain passes (3rd CP). Three work zones were established in function of the thresholds determined in the laboratory; one above the anaerobic threshold (Z3), one below the aerobic threshold (Z1) and the last between these two thresholds (Z2).

Maximal heart rate (Max HR) (174 ± 0.84 bpm) and mean heart rate (Mean HR) (160 ± 0.99 bpm), which were significantly higher in the 1st CP with respect to SCP, 2nd CP, 3rd CP (155 ± 1.06 , 156 ± 0.82 , 153 ± 0.99 bpm respectively), were obtained. The average time that they remained in Z3 was: 4.04 ± 1.21 , 10.72 ± 1.42 , 4.28 ± 0.60 and 2.19 ± 0.24 min.; in Z2; 43.14 ± 1.46 , 44.26 ± 3.14 , 21.60 ± 1.06 and 11.89 ± 1.07 min.; and in Z1; 5.57 ± 0.81 , 4.80 ± 0.55 , 3.31 ± 0.30 min. in SCP, 1st CP, 2nd CP and 3rd CP respectively. Finally, the percentages of work in Z3, Z2 and Z1 were, respectively, 8.08 ± 2.49 , 81.55 ± 2.59 and $10.18 \pm 1.40\%$ for SCP; 21.16 ± 2.90 , 70.58 ± 2.69 and $24 \pm 1.03\%$ in 1st CP; 15 ± 1.83 , 71.99 ± 1.80 and $12.99 \pm 1.24\%$ in 2nd CP; 17.31 ± 1.98 , 59.47 ± 1.96 and $23.31 \pm 1.65\%$ in 3rd CP.

In conclusion, climbing mountain passes is an activity that involves intense effort and this is reflected by the percentage of time the cyclists remained between the aerobic-anaerobic threshold and above anaerobic threshold. If we compare the mountain passes, the intensity of effort decreases in the following order 1st CP, SCP, 2nd CP and 3rd CP.

Key words: Mountain pass, heart rate, anaerobic threshold.

José A. Rodríguez-Marroyo¹,

Juan García-López¹,

Concepción Avila Ordas¹,

Fernando Jiménez Díaz²,

Alfredo Córdova Martínez³,

José Gerardo Villa Vicente¹

¹Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Castilla y León.

²Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Castilla la Mancha.

³Escuela Universitaria de Fisioterapia, Soria.

Premio Miguel Fernández Pastor a la mejor comunicación libre en Fisiología. Congreso FEMEDE. Oviedo 2001.

CORRESPONDENCIA:

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

Aceptado: 07.06.02

INTRODUCCIÓN

El ciclismo en ruta ha sido considerado un deporte típico de resistencia aeróbica^(5, 18, 22) por el gran volumen de kilómetros y la duración de sus pruebas, habiéndose llegado a describir duraciones medias de etapa que oscilan entre 259 min. y 288 min. durante los 22 ± 1 días que se compite en una de las 3 grandes vueltas ciclistas por etapas^(15, 23), por lo que el tiempo total durante las 3 semanas continuadas de competición es aproximadamente de 102 horas en el Tour de Francia⁽¹⁶⁾ o de unas 99 horas en la Vuelta Ciclista a España⁽¹⁰⁾, constituyéndose como un esfuerzo de resistencia extrema o ultraresistencia^(10, 16).

Analizando el esfuerzo del ciclista en cada una de las etapas se observa que ha de hacer esfuerzos individuales en posturas aerodinámicas en algunas etapas contrareloj, que en muchas etapas ha de superar accidentes orográficos, y que en todas las etapas se desarrollan acciones tácticas que van a determinar la intensidad en ciertos momentos del esfuerzo en carrera, haciendo más predominante un sistema energético u otro, y que van a ser determinantes en el desenlace de la carrera^(6, 21, 24, 25). Estas acciones se pueden dividir por un lado en esfuerzos explosivos, rápidos de gran intensidad que buscan sorprender a los contrarios (sprints, demarrajes, arrancadas,...), clasificadas como acciones de resistencia de corta duración (menores a 2 min de duración); y por otro lado, en esfuerzos más sostenidos en el tiempo, más constantes, más de conjunto, pero también de alta intensidad (tirar a por una escapada, preparar un sprint, abrir hueco en una escapada, subir un puerto, contrareloj individual o por equipos,...), y que se clasifican como acciones de resistencia de media, larga o muy larga duración I y II (de 2 a 10min., de 10 a 35min. y de 35-a 90min, respectivamente)⁽²⁹⁾.

La monitorización del esfuerzo deportivo con pulsómetros fiables, precisos y cómodos^(12, 20) permite obtener registros cada 5 segundos de la frecuencia cardiaca de cada una de las etapas de las pruebas ciclistas, y debido a la relación lineal demostrada entre el consumo de oxígeno, la capacidad de trabajo físico y la frecuencia cardiaca hasta intensidades altas^(1, 27), es por lo que se ha utilizado este parámetro para determinar y controlar la intensidad de esfuerzo en entrenamientos y en competición^(21, 27). En este sentido se ha estudiado la carga o intensidad de

esfuerzo que supone la competición para el ciclista analizando los registros de frecuencia cardiaca en las vueltas ciclistas más importantes por etapas como son el Tour de Francia y la Vuelta a España^(10, 16, 25).

El resultado global de una vuelta ciclista por etapas parece estar determinado por la habilidad del ciclista para rendir fundamentalmente en dos disciplinas, las contrarelojes y las ascensiones a los puertos de montaña^(17, 24). Así, Padilla y cols. (2000), analizaron el esfuerzo del ciclista profesional en las etapas contrareloj, ya sea en los prólogos (7.3 km), en las contrarelojes de corta duración (28 km) o de larga duración (49 km). Otros como Lucía y cols. (1999), Fernández y cols. (2000), han analizado el esfuerzo realizado por el ciclista en función del tipo de etapa, clasificando las mismas en llanas, de media montaña y de alta montaña según las dificultades orográficas que tienen que afrontar los ciclistas, si bien aún no se ha descrito el comportamiento del esfuerzo en función del tipo de puerto de montaña a ascender.

Por ello, el objeto de este trabajo ha sido analizar la intensidad del esfuerzo realizada por los ciclistas profesionales en función de la categoría asignada en el libro de ruta a los puertos de montaña que se ascienden, ya que quizás sea ésta la contribución metabólica más relevante en su rendimiento deportivo, y de esta forma contribuir a una mayor comprensión de los factores determinantes del esfuerzo realizado por los ciclistas profesionales.

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos.

El estudio estuvo formado por 18 ciclistas profesionales, pertenecientes al Equipo profesional Colchones Relax-Fuenlabrada, clasificado como Grupo Deportivo tipo-II por la Unión Ciclista Internacional. De los 18 corredores 9 participaron en la Vuelta a España de 1999 y el resto en la edición del 2000, hubo 4 corredores que participaron en las dos ediciones de la vuelta. Todos ellos estaban en perfecto estado de salud, como puso de manifiesto el oportuno reconocimiento médico y pruebas de esfuerzo realizadas en la semana antes de comenzar la competición. Todos estaban informados y adiestrados en el trabajo que se pretendía llevar a cabo, habiéndose obtenido su consentimiento y participación voluntaria.

Diseño del estudio.

El estudio realizado constó de dos partes. En una primera parte se realizaron a todos los componentes del equipo que participaron en las Vueltas a España, 1999 y 2000 un test máximo incremental para determinar su VO_{2max} y sus umbrales ventilatorios (VT1 y VT2), entre otros parámetros ergoespiométricos atendiendo a los criterios de Davis (1985). La segunda parte del estudio consistió en la monitorización de la respuesta cardiaca en cada una de las etapas que componían las Vueltas Ciclistas, para posteriormente, en cada una ellas transferir mediante un interface los registros de FC a un ordenador portátil, y así poder analizar las intensidades de trabajo desarrolladas en la ascensión de los puertos de montaña.

Test de laboratorio.

Una semana antes de empezar la Vuelta Ciclista a España correspondiente los ciclistas fueron sometidos a un test máximo incremental progresivo y continuo hasta el agotamiento, en un ciclosimulador (Cateye CS-1000, Cateye CO. LTD. Japan) sobre el cual se fijaba su propia bicicleta, comenzando a 32 $km \cdot h^{-1}$ e incrementando un $km \cdot h^{-1}$ cada minuto, se analizaron los 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 8:00h y 12:00h) y de calentamiento para todos los ciclistas fueron las mismas, al igual que la recomendación de realizar el día anterior a la prueba de esfuerzo un entrenamiento ligero y una dieta rica en hidratos de carbono. También se monitorizó teleméricamente durante toda la prueba la respuesta cardiaca cada 5 segundos con el propio pulsómetro del ciclista (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Finland). Las variables obtenidas en la prueba fueron el consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}), la ventilación (VE), los equivalentes ventilatorios para el oxígeno y el dióxido de carbono ($VE \cdot VO_2^{-1}$, $VE \cdot VCO_2^{-1}$), la relación de intercambio respiratorio (RER) y la frecuencia cardiaca (FC) en cada uno de los estadios del esfuerzo.

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 ya usados en trabajos anteriores con ciclistas profesionales ^(11, 23).

Pruebas de campo.

Durante todas las vueltas y etapas en las que compitieron con anterioridad a su participación en la Vuelta a España correspondiente, se adiestró a los ciclistas en la monitorización de la frecuencia cardiaca. Los ciclistas grabaron los registros de FC durante todas las etapas (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Filand) y, posteriormente, a través de un software específico (Training Advisor SW for Windows®, Polar Electro Oy, Filand) se volcaban todos los datos a un ordenador para ser analizados y determinar las intensidades de esfuerzo atendiendo al comportamiento de la FC y velocidad de carrera tanto en la etapa como en las subidas a cada uno de los puertos de montaña.

Se establecieron tres tipos de intensidades en función de la FC correspondiente a los umbrales ventilatorios ^(2, 4, 10, 11, 12, 13, 16), una por debajo del VT1 (Z1 o zona aeróbica o zona de regeneración), otra entre el VT1 y VT2 (Z2, zona de transición aeróbica-anaeróbica o zona intensa) y una tercera por encima del VT2 (Z3 o zona anaeróbica).

Para identificar el inicio y final del puerto los ciclistas tenían que dar al "lap" de su pulsómetro al comenzar y finalizar el puerto. En aquellos registros que no tenían los "lap" (bien por olvido, o por circunstancias de carrera), se procedió a integrar la respuesta de la frecuencia cardiaca y velocidad con la duración y orografía de cada una de las etapas referidas en el libro de ruta para así identificar el inicio y final del puerto (Figura 1).

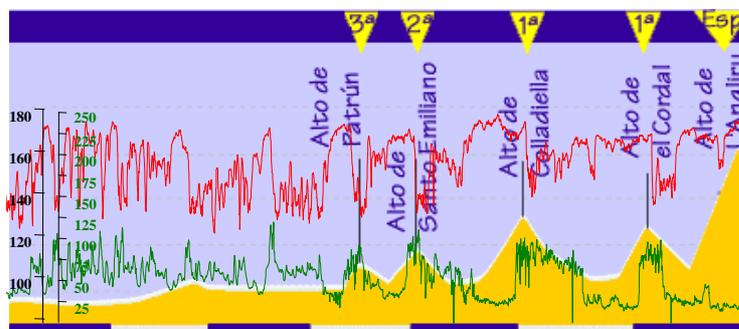


FIGURA 1.- Perfil, registro de frecuencia cardiaca y velocidad de una etapa de alta montaña de la Vuelta a España 2000.

en diferentes
(PM1), 2^a
responde a
Vuelta y la
el libro de
cional.

esfuerzo v

VT2, umbral anaeróbico; %VO_{2max} VT2, porcentaje de consumo máximo de oxígeno al que aparece el umbral anaeróbico; VT1, umbral aeróbico; %VO_{2max} VT1, porcentaje de consumo máximo de oxígeno al que aparece el umbral aeróbico.

TABLA II.- Características funcionales de los ciclistas que participaron en el estudio.

	PME	PM1	PM2	PM3
Km	16.23±0.40 ^{abc}	18.32±0.97 ^{bc}	10.50±0.41 ^c	7.50±0.33
Velocidad (km·h⁻¹)	18.66±0.54 ^c	20.05±0.52 ^c	23.45±0.52 ^c	26.02±0.56
Tiempo (min)	53±0.70 ^{abc}	60±3.51 ^{bc}	29.21±1.10 ^c	17.65±0.70
FC_{max} (ppm)	168±1.02 ^a	174±0.84 ^{bc}	171±0.72	171±0.75
FC_m (ppm)	155±1.06 ^a	160±0.99 ^{bc}	156±0.82 ^c	153±0.99
%FC_{max}	87.45±0.47 ^{bc}	90.16±0.35 ^{bc}	88.07±0.38 ^c	84.78±0.49

%FC_{max}, porcentaje que supone la FC_m respecto a la FC_{max} alcanzada. ^a, diferencias significativas con PM1; ^b, diferencias significativas con PM2; ^c, diferencias significativas con PM3.

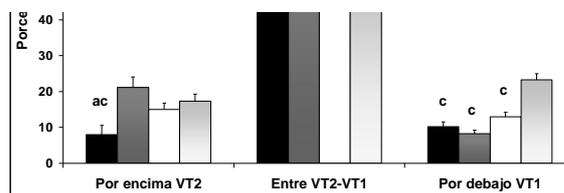


FIGURA 2.- Porcentaje de participación en las diferentes franjas de intensidad. ^a, diferencias significativas con PM1; ^b, diferencias significativas con PM2; ^c, diferencias significativas con PM3.

	PME	PM1 ^a	PM2 ^a	PM3 ^a
T° Zona 3 (min.)	4.04±1.21 ^a	10.72±1.42 ^{bc}	4.28±0.60	2.19±0.24
T° Zona 2 (min.)	43.14±1.46 ^{bc}	44.26±3.14 ^{bc}	21.60±1.06 ^c	11.89±1.07
T° Zona 1 (min.)	5.57±0.81 ^b	4.80±0.58 ^b	3.31±0.30 ^c	4.40±0.31

TABLA IV.- Tiempos de trabajo en las diferentes zonas evaluadas en



nsidad del
locidad de
litud, se ha
indicadores

as que tuvieron un buen rendimiento pudieron man-
tener un nivel de ejercicio en o alrededor del VT2,
durante un periodo largo de tiempo ^(17, 24). En este
sentido las etapas de montaña son consideradas como
etapas más duras que las llanas, ya que en ellas el
ciclista permanece alrededor del umbral anaeróbico
un tiempo mayor ⁽¹⁰⁾. Nuestros datos corroboran esta
afirmación, ya que independientemente del tipo de
puerto que se analice, en todos ellos se observa una
mayor contribución del esfuerzo en Z2. Siendo úni-
camente el los PM1 donde se permanece más tiempo

grado de esfuerzo en el ciclismo como la frecuencia cardiaca media ^(11, 27) o el porcentaje de frecuencia cardiaca máxima ^(3, 12, 13) parecen reforzar dicha afirmación, ya que siguen siendo los PM1 los que más intensidad implican al observarse en ellos las mayores frecuencias cardiacas media y los mayores porcentajes respecto a la frecuencia cardiaca máxima. Una intensidad menor se observa en los PME y en los PM2, mientras que es en los PM3 es donde se aprecia una menor dificultad y esfuerzo global, habiéndose obtenido un coeficiente de contingencia de $C = 0.65$

O G R A F I A

of work
ork.

.R.: "Using
onitor elite
rc., 1993;

f elite

C

exercise with heart rate and thresholds". Med. Sci. Sports
Exerc., 1997; 29:125-132.

**5 COYLE, E.F., COGGAN, A.R., HOPPER, M.K.,
WALTERS, T.J.:** "Determinants of endurance in well-
trained cyclists". J. Appl. Physiol. ,1988; 64:2622-2630.

**6 CRAIG, N.P., NORTON, K.I., BOURDON, P.C.,
WOOLFORD, S.M., STANEF, T., SQUIRES, B., OLDS,
T.S., CONYERS, R.A., WALSH, C.B.:** "Aerobic and
anaerobic indices contributing to track endurance cycling

