

# INFLUENCIA DE LA ALTITUD MODERADA EN EL ESFUERZO REALIZADO POR CICLISTAS PROFESIONALES

## INFLUENCE OF MODERATE ALTITUDE IN THE EFFORT DEVELOPED BY PROFESSIONAL CYCLISTS

### RESUMEN

Los estudios que valoran la intensidad de esfuerzo en ciclistas en la propia competición se basan en la monitorización de la frecuencia cardíaca (FC). Se han descrito varios factores que pueden alterar y modificar el comportamiento de la frecuencia cardíaca, uno de estos factores es la altitud. El objetivo del estudio ha sido analizar la influencia que puede tener la exposición aguda a altitudes moderadas mientras se ascienden los puertos de montaña en la intensidad de esfuerzo mantenida por ciclistas profesionales.

El estudio se dividió en dos partes: A) en una primera se evaluó a los ciclistas una semana antes a su participación en la Vuelta a España. Se les determinó el  $VO_{2max}$  y los umbrales aeróbico (VT1) y anaeróbico (VT2). A partir de la FC a la que aparecían estos umbrales se determinaron 3 intensidades de esfuerzo, una por debajo del VT1, otra por encima del VT2 y una última entre los dos umbrales. B) Posteriormente se monitorizó el comportamiento de la FC en diferentes puertos de montaña de la Vuelta a España de 1999 y 2000, de similares características, con altitudes máximas alrededor de los 1000, 1500 y 2000 metros. Se determinaron las FC máximas y medias de los diferentes puertos al igual que el porcentaje de trabajo en las diferentes zonas de intensidad que se habían establecido.

Los valores más altos de FC máxima y media se hallaron en los puertos con altitudes de 1000m ( $172 \pm 2$  y  $163 \pm 2$  respectivamente). También se obtuvo en estos puertos el porcentaje de trabajo más alto por encima del umbral anaeróbico ( $34 \pm 6\%$ ), por el contrario fueron los puertos de 1500m y 2000m, donde se encontraron los mayores porcentajes de trabajo en la zona situada entre el umbral aeróbico y anaeróbico ( $80 \pm 4\%$  y  $72 \pm 3\%$  respectivamente).

En conclusión la intensidad de ascensión a los puertos de montaña no parece estar influenciada por la altitud moderada de los mismos. Siendo ascendidos por los ciclistas del estudio a un ritmo constante y homogéneo.

**Palabras clave:** ciclismo, puerto de montaña, altitud, intensidad de esfuerzo.

### SUMMARY

Studies to evaluate effort intensity in cyclists during competition are based on monitoring heart rate (HR). However, there are some factors involved that could modify HR behaviour. The aim of this study was to analyse the influence of acute exposure to moderate altitude on effort intensity in professional cyclists while climbing a mountain.

The study was divided in two parts. A) Evaluation of cyclists one week before starting the "Vuelta a España". During this period  $VO_{2max}$  and aerobic (VT1) and anaerobic (VT2) thresholds were determined. Taking into account the HR at which the different thresholds are reached, we determined three different effort intensities; one below VT1, another up to VT2 and the third between VT1 and VT2. B) During the mountain stages throughout the "Vuelta a España" over two years (1999 and 2000) we monitored HR. The altitude of the mountains was 1000 m, 1500 m and 2000 m. We determined the maximal and average HR of cyclists on the different mountains and evaluated the percentage of work corresponding to each previously established intensity.

The highest maximal and average HR were obtained on the lower mountains (1000 m), with HR of  $172 \pm 2$  and  $163 \pm 2$  respectively. On these mountains we also found the highest work levels,  $34 \pm 6\%$  up to VT2. On the 1500 m and 2000 m mountains, however, the highest percentages of work were found in the mid zone, between VT1 and VT2 ( $80 \pm 4\%$  and  $72 \pm 3\%$  respectively).

In conclusion, the intensity of work climbing a mountain pass does not seem to be related to altitude, but related to the rhythm produced by the cyclists.

**Key words:** cycling, mountain pass, altitude, effort intensity.

Rodríguez-Marroyo, J.A.<sup>(1)</sup>

García-López, J.<sup>(1)</sup>

Ávila, C.<sup>(1)</sup>

Jiménez, F.<sup>(2)</sup>

Córdoba, A.<sup>(3)</sup>

Villa-Vicente, J.G.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Castilla y León.

<sup>(2)</sup>Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Castilla la Mancha.

<sup>(3)</sup>Escuela Universitaria de Fisioterapia, Soria.

### 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:  
08.04.02

## INTRODUCCIÓN

El esfuerzo realizado por los ciclistas va a estar influenciado por el tipo de etapa recorrida<sup>(6,12,18)</sup>, de esta forma los corredores han de realizar esfuerzos individuales en posturas aerodinámicas en las etapas contrareloj<sup>(17)</sup> y han de superar diferentes puertos de montaña en las distintas etapas en línea<sup>(6,12,18)</sup>. Dentro de estas últimas podemos distinguir diferentes tipos atendiendo al número y a la dificultad de los puertos de montaña a ascender, en este sentido se han descrito etapas llanas, etapas de media montaña y alta montaña<sup>(6,12,18)</sup>.

Los estudios basados en la monitorización del esfuerzo desarrollado por el ciclista en la propia competición se basan en la relación lineal demostrada entre el consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca hasta intensidades altas<sup>(1)</sup>, de esta manera se puede utilizar la FC como parámetro indicador de la intensidad de esfuerzo en entrenamientos y en competiciones<sup>(2,7,8,13)</sup>.

Utilizando esta metodología se ha observado que el rendimiento del ciclista en una vuelta por etapas va a estar condicionado por su habilidad para rendir fundamentalmente en dos disciplinas, las contrarelojes y las subidas a los puertos de montaña<sup>(6,12,16)</sup>. Estos últimos suelen ser muy variados, en función de la categoría y la situación geográfica de los mismos. De esta manera nos encontramos a lo largo de una vuelta de 3 semanas de duración, como la Vuelta a España, con puertos de montaña de diferentes altitudes y porcentajes de pendiente, tanto máximas como medias.

Se ha descrito que la frecuencia cardiaca va a estar afectada por diversos factores que van a influir en su aumento o disminución a lo largo de una carrera ciclista<sup>(6,19)</sup>. La temperatura<sup>(14)</sup>, hidratación<sup>(15)</sup>, depleción de glucógeno<sup>(10)</sup>, entrenamiento<sup>(21)</sup>, altitud<sup>(9,22)</sup>, se han definido como factores que van a influir en la deriva de la frecuencia cardiaca.

Por ello el objetivo de este trabajo ha sido determinar si la intensidad del esfuerzo con que los ciclistas afrontan la ascensión a los diferentes puertos de montaña, que se presentan a lo largo del recorrido de una gran vuelta por etapas, va a estar condicionada o influenciada por la altitud de los mismos.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos

Los sujetos que realizaron este estudio fueron 18 ciclistas profesionales del Equipo Ciclista Colchones Relax-Fuenlabrada, que compitieron en la Vuelta a España de 1999 y 2000. Todos estaban en perfecto estado de salud, como pusieron de manifiesto las pruebas de esfuerzo realizadas antes del comienzo de las vueltas (Tabla 1).

### Pruebas de laboratorio

Una semana antes del comienzo de las Vueltas a España los ciclistas fueron sometidos a una prueba de esfuerzo máxima, 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 km·h<sup>-1</sup> y se incrementaba en un km·h<sup>-1</sup> 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). Posteriormente, al finalizar la prueba se identificó el VT1 (umbral ventilatorio aeróbico)<sup>(4)</sup> y el VT2 (umbral ventilatorio anaeróbico)<sup>(4)</sup>. Se establecieron tres tipos de intensidades en función de la frecuencia cardiaca a la que aparecían los umbrales<sup>(7,8)</sup>, una por debajo del VT1 (<VT1 o zona de regeneración), otra entre el VT2 y VT1 (VT2-VT1, o zona de transición aeróbica-anaeróbica) y una tercera por encima del VT2 (>VT2, o zona anaeróbica).

### Pruebas de campo

Para intentar ver la influencia que pudiera tener la altitud en la deriva de la frecuencia cardiaca, se analizaron diferentes puertos de montaña (n = 27) de similares características en cuanto a situación en el recorrido de la etapa y en cuanto a altitud máxima alcanzada. De este modo se analizaron puertos de montaña de categoría especial y primera situados en el último tercio de carrera, de este modo se intentaba disminuir el efecto que pudiera tener sobre la intensidad del esfuerzo la táctica de carrera adoptada. Se analizaron puertos de montaña de altitudes máximas

en torno a los 1000, 1500 y 2000 metros. Además para intentar determinar como era la influencia de la altitud en la intensidad con que los ciclistas afrontaban la ascensión de un mismo puerto, se dividió cada uno de los puertos en tres tramos, coincidiendo con el primer, segundo y tercer tercio de ascensión al puerto.

Los ciclistas grabaron los registros de frecuencia cardiaca durante todas las etapas de las Vueltas a España de 1999 y 2000, con una frecuencia de 5 segundos (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Filand), posteriormente, a través de un software específico (Training Advisor SW for Windows®, Polar Electro Oy, Filand) se analizaron los datos de las zonas deseadas.

### Análisis estadístico

Los resultados se expresan como media  $\pm$  error estándar de la media (EEM). 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. Las relaciones entre variables se realizaron aplicando el coeficiente de correlación de Pearson. 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 de las pruebas de esfuerzo y antropométricas realizadas antes de las vueltas a España se muestran en la Tabla 1.

### Altitud e intensidad de esfuerzo

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las variables analizadas para cada altitud. Se puede observar en la Figura 1 como en los puertos de 1000 metros de altitud es donde se alcanzan los valores más elevados ( $p < 0.05$ ) de FCmax ( $172 \pm 2$  ppm), FCmedia ( $163 \pm 2$  ppm) y porcentaje de trabajo por encima del umbral anaeróbico ( $33 \pm 6\%$ ) (Figura 2) que en los puertos con altitudes de 1500 y 2000

	Media $\pm$ EEM
Talla (cm)	173.5 $\pm$ 1.5
Peso (kg)	67.3 $\pm$ 1.6
Grasa corporal (%)	7.5 $\pm$ 0.7
VO <sub>2</sub> máx (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	79 $\pm$ 1.7
FC VT2 (ppm)	168 $\pm$ 1.4
VO <sub>2</sub> VT2 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	64 $\pm$ 2.8
FC VT1 (ppm)	139 $\pm$ 0.7
VO <sub>2</sub> VT1 (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	52.8 $\pm$ 2.1

Valores expresados como media $\pm$ EEM; VT2, umbral anaeróbico; VT1, umbral aeróbico.

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

	2000 m.	1500 m.	1000 m.
Altitud máxima (m)	1961 $\pm$ 23 <sup>+</sup>	1590 $\pm$ 7	1007 $\pm$ 30
Pendiente máxima (%)	9 <sup>*</sup>	16 $\pm$ 1 <sup>+</sup>	10
Pendiente media (%)	5 <sup>+</sup>	8 <sup>+</sup>	7
Tiempo de ascensión (min)	44 $\pm$ 1.5 <sup>+</sup>	39 $\pm$ 2.4 <sup>+</sup>	29 $\pm$ 1.5
Velocidad (km·h <sup>-1</sup> )	20.6 $\pm$ 0.4 <sup>+</sup>	17.2 $\pm$ 0.8	17.8 $\pm$ 0.7

Valores expresados como media $\pm$ EEM. \*, diferencias significativas con 1500 m., ( $p < 0.05$ ); +, diferencias significativas con 1000 m., ( $p < 0.05$ ).

TABLA 2.- Parámetros evaluados durante la ascensión a los puertos con altitudes sobre los 2000, 1500 y 1000 metros.

metros. Por el contrario son estos últimos puertos donde se obtienen los mayores valores ( $p < 0.05$ ) en el porcentaje de trabajo entre los umbrales aeróbico y anaeróbico ( $80 \pm 4$  y  $72 \pm 4\%$  en puertos de 1500 y 2000 metros respectivamente) y por debajo del umbral aeróbico ( $8 \pm 2$  y  $9 \pm 1\%$  en puertos de 1500 y 2000 metros, respectivamente) (Figura 2). Únicamente se han encontrado relaciones entre la altitud de los puertos con el porcentaje de pendiente media ( $r = -0.5$ ,  $p < 0.005$ ) y el tiempo de ascensión ( $r = 0.5$ ,  $p < 0.005$ ). Solamente se han correlacionado con los porcentajes medios y máximos de pendiente las velocidades de ascensión ( $r = -0.64$  y  $r = -0.61$ ,  $p < 0.005$ ).

Para observar el comportamiento de la frecuencia cardiaca a la hora de ascender un mismo puerto hemos dividido los puertos de 1000, 1500 y 2000 metros en 3 tramos de ascensión diferentes, el primero coincidiría con la zona inicial del puerto (Tramo1) el segundo coincidiría con la parte central del puerto (Tramo2) y el último tramo sería el tramo final del puerto (Tramo3). Como se puede ver en las Tablas 3, 4 y 5 no se han hallado diferencias significativas en la FCmáx y FCmedia en los diferentes tramos analizados que hagan pensar una posible modificación debido a la influencia de la altitud. Tampoco se ha

observado ningún tipo de comportamiento diferente en los porcentajes de trabajo por debajo del umbral aeróbico, entre los umbrales aeróbico-anaeróbico y por encima de este último, que haga pensar que a medida que ascendemos en altura la intensidad del ejercicio va a ser mayor (Tabla 3, 4 y 5).

	1000 metros		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo3
Altitud máxima(m.)	554±20 <sup>+</sup>	788±25 <sup>+</sup>	1007±30
Pendiente máxima (%)	8 <sup>+</sup>	9	8
Pendiente media (%)	6 <sup>+</sup>	7	7
Velocidad (km·h <sup>-1</sup> )	20.4±0.7 <sup>+</sup>	18.6±0.8	17.5±1.2
FCmax (ppm)	170±2	169±2	169±1
FCmedia (ppm)	163±2	163±2	164±2
Porcentaje por debajo VT1 (%)	2±1	1±1	0
Porcentaje entre VT2-VT1 (%)	60±6 <sup>+</sup>	64±6	67±6
Porcentaje por encima VT2 (%)	38±6	35±6	33±6

**TABLA 3.-**  
Características de los diferentes tramos analizados en los puertos de 1000 m.

Valores expresados como media±EEM. <sup>+</sup>, diferencias significativas con 2<sup>o</sup> tramo, (p<0.05); <sup>+</sup>, diferencias significativas con el 3<sup>er</sup> tramo, (p<0.05).

	1500 metros		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo3
Altitud máxima(m.)	1045±61 <sup>+</sup>	1311±33 <sup>+</sup>	1590±7
Pendiente máxima (%)	8 <sup>+</sup>	9 <sup>+</sup>	14±1
Pendiente media (%)	7 <sup>+</sup>	6 <sup>+</sup>	8
Velocidad (km·h <sup>-1</sup> )	18.3±1 <sup>+</sup>	18.1±1.4 <sup>+</sup>	15.7±1.3
FCmax (ppm)	162±1	163±2	164±1
FCmedia (ppm)	155±2	155±2	156±2
Porcentaje por debajo VT1 (%)	3±1 <sup>+</sup>	11±3	5±2
Porcentaje entre VT2-VT1 (%)	84±5	76±5	77±6
Porcentaje por encima VT2 (%)	12±5	13±5	18±6

**TABLA 4.-**  
Características de los diferentes tramos analizados en los puertos de 1500 m.

Valores expresados como media±EEM. <sup>+</sup>, diferencias significativas con 2<sup>o</sup> tramo, (p<0.05); <sup>+</sup>, diferencias significativas con el 3<sup>er</sup> tramo, (p<0.05).

	2000 metros		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo3
Altitud máxima(m.)	1418±32 <sup>+</sup>	1715±23 <sup>+</sup>	1961±23
Pendiente máxima (%)	7±1 <sup>+</sup>	7 <sup>+</sup>	6
Pendiente media (%)	6 <sup>+</sup>	7 <sup>+</sup>	5
Velocidad (km·h <sup>-1</sup> )	20.3±0.9 <sup>+</sup>	18.1±0.5 <sup>+</sup>	20.3±1
FCmax (ppm)	167±1 <sup>+</sup>	166±1	166±1
FCmedia (ppm)	160±1	160±1	160±1
Porcentaje por debajo VT1 (%)	2±1	3±1	2±1
Porcentaje entre VT2-VT1 (%)	69±5	67±6	79±5
Porcentaje por encima VT2 (%)	28±6	30±6 <sup>+</sup>	19±5

**TABLA 5.-**  
Características de los diferentes tramos analizados en los puertos de 2000 m.

Valores expresados como media± EEM. <sup>+</sup>, diferencias significativas con 2<sup>o</sup> tramo, (p<0.05); <sup>+</sup>, diferencias significativas con el 3<sup>er</sup> tramo, (p<0.05).

Se obtuvieron correlaciones significativas (p<0,05) entre las pendientes máximas y medias de los tramos analizados en los diferentes puertos y la velocidad de ascenso en ellos (r=-0.67 y r=-0.64, respectivamente).

## DISCUSIÓN

Tradicionalmente se ha medido la intensidad del esfuerzo en ciclismo atendiendo a la velocidad de desplazamiento y a los cambios en la altitud, se ha demostrado que estos parámetros no son indicadores válidos para determinarla <sup>(11)</sup> ya que dependen de numerosos factores como los medioambientales, y las características fisiológicas y antropométricas de los sujetos <sup>(16,20)</sup>. Por consiguiente, ha sido una gran ventaja poder monitorizar un parámetro como la frecuencia cardiaca de manera no invasiva y cómoda para el deportista <sup>(3,7,11)</sup>, pudiendo analizar el nivel de esfuerzo que supone para el deportista el entrenamiento o la competición.

Teniendo en cuenta la metodología anterior, estudios precedentes han observado que en las partes más trascendentes y relevantes de la carrera (puertos de montaña, escapadas, o etapas contrareloj) los ciclistas que tuvieron un buen rendimiento pudieron mantener un nivel de ejercicio en o alrededor del VT2, durante un periodo largo de tiempo <sup>(6,12)</sup>. En este sentido se ha indicado que la dureza de las etapas de montaña sobre las etapas llanas pudiera ser debida a un mayor tiempo de permanencia entre intensidades del 70-90% del VO<sub>2max</sub> <sup>(6)</sup>; es decir, intensidades en la zona de transición aeróbica-anaeróbica.

El rendimiento del ciclista en la competición durante una gran vuelta por etapas viene determinado por la intensidad de esfuerzo que es capaz de desarrollar en las etapas contrareloj y en los puertos de montaña, <sup>(5, 6, 12, 16, 17, 18)</sup>, ya que es en estas etapas donde mayores diferencias de tiempo se establecen entre los ciclistas. Ahora bien, el tiempo de esfuerzo durante el cual afrontan este tipo de eventos representa un porcentaje muy pequeño sobre el tiempo total de una vuelta.

El utilizar la frecuencia cardiaca como indicador de intensidad de esfuerzo pudiera conllevar una sobrestimación o infravaloración del mismo, ligado a los factores que la afectan como temperatura, hidratación, deplección de glucógeno y altitud entre otros <sup>(9, 10, 14, 15, 21, 22)</sup>. Fernández y cols. (2000) <sup>(6)</sup> manifiestan que los ciclistas están adiestrados a beber y comer en carrera, manteniendo así un nivel adecuado de hidratación, además de reducir la hipertermia del esfuerzo y la deplección de glucógeno, este hecho conjuntamente con la utilización de una

gran muestra minimiza el error que pudiera desprenderse del uso de la FC como indicador de esfuerzo.

No obstante también se pudiera pensar que otros factores como la altitud <sup>(9,21)</sup> y la pendiente de los puertos pudieran tener una gran influencia en la dinámica y comportamiento de la frecuencia cardiaca y por lo tanto limitar nuestros resultados. Para Wolski y cols. (1996)<sup>(21)</sup>, un primer ajuste ante una situación de hipoxia es la hiperventilación compensada con un aumento del gasto cardiaco debido a elevación de la frecuencia cardiaca, por lo que los puertos de montaña de mayor altitud podrían implicar mayores frecuencias cardiacas. Para determinar esta influencia se han estudiado los puertos de categoría especial y primera categoría situados en el último tercio de carrera que finalizaban a diferentes altitudes (2000, 1500 y 1000 metros). Como se observa en la Figura 1 son los puertos de altitudes cercanas a 1000m los que presentan frecuencias cardiacas máximas y medias significativamente mayores con respecto a las otras 2 altitudes analizadas (1500 y 2000 metros), y siendo también los que presentan mayores porcentajes de trabajo en la zona situada por encima del umbral anaeróbico (Figura 2). No se ha observado ningún tipo de relación entre la altitud del puerto y las frecuencias cardiacas alcanzadas, ni con los porcentajes de trabajo analizados. Por ello pensamos que la FC no se va a ver afectada por la altitud de los puertos analizados en este estudio (cotas máximas de 2300m.) como cabría esperar por la exposición aguda a altitudes moderadas <sup>(6,9)</sup>. Parece ser que las cualidades fisiológicas del ciclista y las estrategias de carrera son los

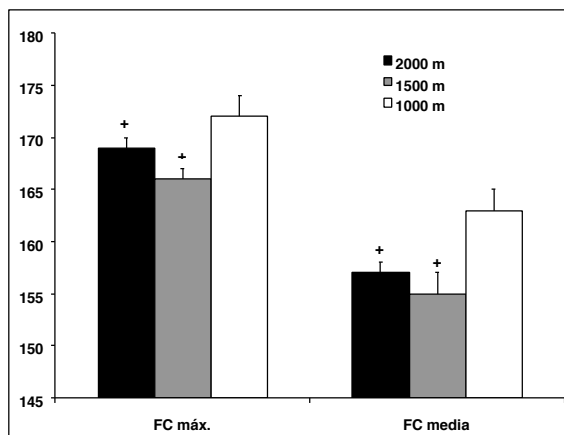


FIGURA 1.- Valores de frecuencia cardiaca máxima y media obtenidos en la ascensión a los puertos de 2000, 1500 y 1000m. \*, diferencias significativas con los puertos de 1000 m., ( $p < 0.05$ ).

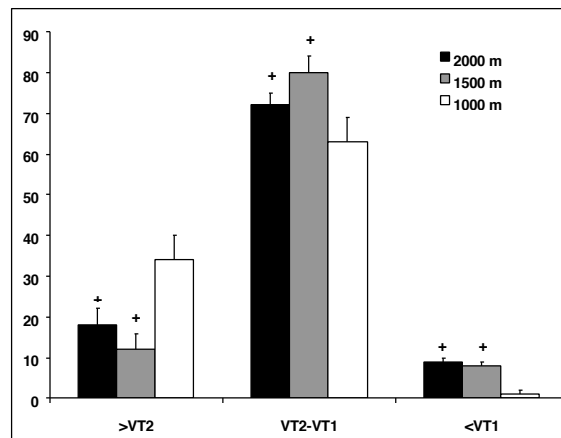


FIGURA 2.- Porcentajes de trabajo en los puertos de 2000, 1500 y 1000m. >VT2, por encima del umbral anaeróbico. VT2-VT1, entre los umbrales aeróbico y anaeróbico. <VT1, por debajo del umbral aeróbico. \*, diferencias significativas con los puertos de 1000 m., ( $p < 0.05$ ).

factores que más influencia van a tener a la hora de determinar la intensidad de esfuerzo <sup>(16)</sup> durante la ascensión a los puertos de montaña.

Por otro lado, también se puede observar que los puertos de montaña con mayores pendientes no son los que se ascienden a frecuencias cardiacas más elevadas, ya que son los puertos de 1500m donde se presentan mayores porcentajes tanto en pendiente media como en pendiente máxima. De hecho no se ha obtenido ningún tipo de correlación entre estos porcentajes de pendiente y la frecuencia cardiaca, ni con los porcentajes de trabajo en las distintas zonas analizadas. Sin embargo si se han obtenido correlaciones entre la velocidad de ascensión y los porcentaje de pendiente del puerto de montaña, tanto máxima como media ( $r = -0.61$  y  $r = -0.64$ , respectivamente), por lo que parece ser que el ciclista determina la intensidad con que afronta la ascensión a los diferentes puertos de montaña modulando la velocidad de desplazamiento en función de la pendiente que afronta o de la dinámica de carrera, atendiendo a una frecuencia cardiaca mantenida de referencia próxima a una intensidad esfuerzo correspondiente al umbral anaeróbico. Estos resultados, conjuntamente con la posibilidad de conocer la intensidad de esfuerzo midiendo la potencia desarrollada durante la ascensión <sup>(11)</sup>, pueden permitir optimizar entrenamientos para mejorar en estas fases críticas de la carrera.

Con el objeto de valorar la posible influencia de la altitud a la hora de afrontar el ascenso a un mismo puerto de montaña se analizaron los puertos de categoría especial y primera categoría, con inicio y

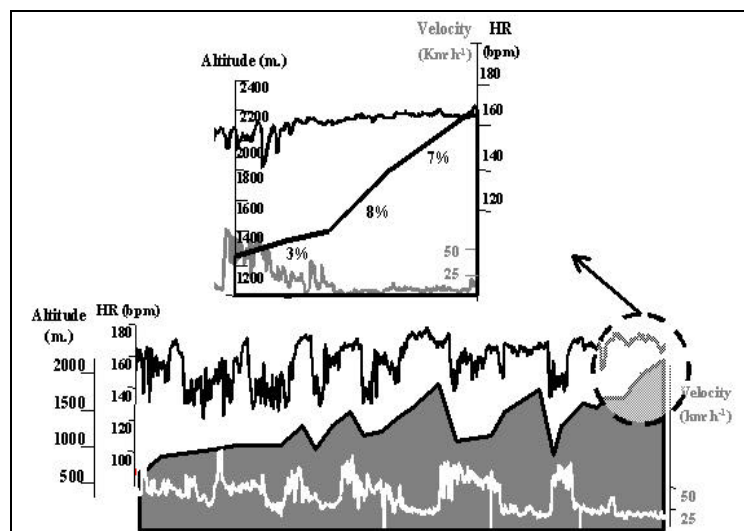


FIGURA 3.- Evolución de la frecuencia cardiaca durante una etapa de alta montaña, y la ascensión a un puerto de categoría especial de 2230metros de altitud (Ordino-Arcalis).

final a distintas alturas (~1000, ~1500 y ~2000 metros). Se analizaron los tramos correspondientes al primer, segundo y tercer tercio de ascensión, no habiéndose observado ningún tipo de influencia que pudiera tener la altitud en el comportamiento de la frecuencia cardiaca ni en los porcentajes de

trabajo (Tabla 3, 4 y 5). Ello parece ratificar que, a pesar de las diferentes altitudes que componen los diferentes tramos, la frecuencia cardiaca no se ve influenciada por ella ni por otros factores como deshidratación o nutricionales<sup>(6)</sup>, de forma que los ciclistas ascienden los puertos a un ritmo constante y homogéneo como se puede observar en la Figura 3, viéndose afectado por el devenir de la carrera<sup>(12)</sup>. En este sentido, tampoco se han determinado en los diferentes tramos analizados correlaciones entre el porcentaje de pendiente, tanto máximo como medio, con las frecuencias, ni con los porcentajes de trabajo; pero si se obtuvo una relación significativa ( $p < 0,05$ ) entre las pendientes máximas y medias y la velocidad de ascenso en los diferentes tramos ( $r = -0.67$  y  $r = -0.64$ , respectivamente).

En conclusión consideramos que la intensidad con que los ciclistas afrontan la ascensión a los puertos de montaña no se ve influenciada por la altitud ni por el porcentaje de pendiente del puerto, subiéndose a un ritmo constante y homogéneo. Estos datos reflejan la importancia del entrenamiento de transición aeróbica-anaeróbica para el rendimiento en el ciclismo de competición y más concretamente para rendir con éxito en los puertos de montaña.

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

- 1 **ASTRAND, P.O.; RODAHL, K.:** "Textbook of work physiology." 1986; 399-400. MacGraw-Hill. New York.
- 2 **BABEAU, P.; SERRESSE, O.; BOULAY, M.R.:** "Using maximal and submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1993; 5:1062-1069.
- 3 **BOULAY, M.R.; SIMONEAU, J.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.:** "Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1997; 29:125-132.
- 4 **DAVIS, J.A.:** "Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1985; 17:6-18.
- 5 **DAVISON, R.C.; SWAN, D.; COLEMAN, D.; BIRD, S.:** "Correlates of simulated hill climb cycling performance." *J. Sports Sci.*, 2000; 18:105-110.
- 6 **FERNÁNDEZ, B.; PÉREZ, J.; RODRÍGUEZ, M.; TERRADOS, N.:** "Intensity of exercise during road race pro-cycling competition." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2000; 32:1002-1006.
- 7 **GILMAN, M.:** "The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training." *Sports Med.*, 1996; 21:73-79.
- 8 **GILMAN, M.B.; WELLS, C.L.:** "The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables." *Int. J. Sports Med.*, 1993; 14:339-344.
- 9 **HAHN, A.G.; GORE, C.J.:** "The effect of altitude on cycling performance. A challenge to traditional concepts." *Sports Med.*, 2001; 31:533-557.
- 10 **HEINGENHAUSER, G.F.; SUTTON, J.R.; JONES, N.L.:** "Effects of glycogen depletion on the ventilatory response to exercise." *J. Appl. Physiol.*, 1983; 54:470-474.
- 11 **JEUKENDRUP, A.; VAN DIEMEN, A.:** "Heart rate monitoring during training and competition in cyclists." *J. Sports Sci.*, 1998; 16:91-99.

- 12 **LUCÍA, A.; HOYOS, J.; CARVAJAL, A.; CHICHARRRO, J.L.:** "Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France." *Int. J. Sports Med.*, 1999; 20:167-172.
- 13 **MALHOTRA, M.S.; VERMA, S.K.; GUPTA, R.K.; KHANNA, G.L.:** "Physiological basis for selection of competitive road cyclists." *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 1984; 24:49-57.
- 14 **MAW, G.J.; BOUTCHER, S.H.; TAYLOR, N.A.:** "Ratings of perceived exertion and affect in hot and cool environments." *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1993; 67: 174-179.
- 15 **MONTAIN, S.J.; COYLE, E.F.:** "Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise." *J. Appl. Physiol.*, 1992; 73: 1340-1350.
- 16 **PADILLA, S.; MÚJICA, I; CUESTA, G.; GOIRIENA, J.J.:** "Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1999; 31:878-885.
- 17 **PADILLA, S.; MÚJICA, I.; ORBAÑANOS, J.; ANGULO, F.:** "Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2000; 32: 850-856.
- 18 **PADILLA, S.; MUJICA, I.; ORBAÑANOS, J.; SANTISTEBAN, J.; ANGULO, F.; GOIRIENA, J.J.:** "Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2001; 33: 796-802.
- 19 **PALMER, G.; HAWLEY, J.A.; DENNIS, S.C.; NOAKES, T.D.:** "Heart rate responses during a 4-d cycle stage race." *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1994; 26: 1278-1283.
- 20 **SWAIN, D.P.; COAST, J.R.; CLIFFORD, P.S.; MILLIKEN, M.C.; STRAY-GUNDERSEN, J.:** "Influence of body size on oxygen consumption during bicycling." *J. Appl. Physiol.*, 1987; 62:668-672.
- 21 **WINDER W.W.; HAGBER, J.M.; HICKSON, R.C.; EHSANI, A.A.; McLAN, J.A.:** "Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise training in man." *J. Appl. Physiol.*, 1980; 45: 370-374.
- 22 **WOLSKI, L.A.; McKENZIE, D.C.; WENGER, A.H.:** "Altitude training for improvements in sea level performance. Is there scientific evidence of benefit?." *Sports Med.*, 1996; 22:251-263.