PubliCE, (PubliCE) 2007

Monograph

Evolución de los Parámetros Fisiológicos y Hematológicos, según la Carga de Entrenamiento en Ciclistas de Ruta de Elite de Sexo Masculino: Estudio Longitudinal

A G Zapico[1], F J Calderon[2], C B Gonzalez[1], A Parisp[2] y V Di Salvo[3]

[1]*Education Faculty, Complutense University of Madrid, Madrid, España.*
[2]*Sports Science Faculty, Polythecnical University of Madrid, Madrid, España.*
[3]*Department of Health Sciences University Institute of Movement Sciences (IUSM) University of Rome, Rome, Italia.*

RESUMEN

Objetivo. El objetivo de este estudio fue describir y evaluar los parámetros fisiológicos como herramienta de control para supervisar el entrenamiento en un grupo de ciclistas de élite durante una temporada de entrenamiento. **Métodos**. El estudio fue dividido en dos períodos (invierno o mesociclo de "volumen" y primavera o mesociclo de "intensidad") entre los tests que se llevaron a cabo en el laboratorio y que consistieron en un test incremental hasta el agotamiento (la carga de trabajo aumentaba a razón de 25 W-min^{-1}) y un test de máximo estado estable de lactato (MLSS) en una bicicleta ergométrica. Los macronutrientes y las variables hematológicas fueron registrados durante los períodos, al igual que el volumen y la intensidad de las sesiones de entrenamiento, durante todo el período de estudio. **Resultados**. Los datos fisiológicos fueron similares a los previamente informados para ciclistas profesionales (~450 Watts, ~78 mL·kg^{-1}·min^{-1}) y los valores de MLSS también coincidieron con los obtenidos en estudios previos (~250 Watts). Los sujetos presentaron un incremento en el primer umbral ventilatorio (VT1) (~52% a ~60% VO_2max) y en el segundo umbral ventilatorio (VT2) (~82% a ~87% VO_2max) después del primer período de entrenamiento, a pesar de que su baja intensidad estaba enfocada en el rendimiento de VT1 (77% de entrenamiento en zona 1", debajo de VT1). El MLSS aumentó después del primer período (~225 a ~250 Watts) y se mantuvo alto en el segundo (~255 Watts). Se observaron niveles elevados de creatinquinasa (~230 U·L^{-1}) y urea (37 mg·L^{-1}), y también se observó una disminución en los valores de hemoglobina (~15,4 a ~14,7 g.dL^{-1}). **Conclusión**. El alto nivel alcanzado por los sujetos después del primer período de entrenamiento sugiere que dos tests de esfuerzo pueden ser suficientes para planear el entrenamiento. Por otra parte, la disminución en parámetros vinculados a los glóbulos rojos y a la nutrición sugiere que debería existir un mayor control sobre los mismos durante la temporada.

Palabras Clave: entrenamiento, ciclismo, tests hematológicos, procesos fisiológicos

INTRODUCCION

El paso previo para transformarse en un ciclista profesional generalmente involucra la participación en la categoría "sub23-élite" de la Unión de Ciclismo Internacional (previamente llamada categoría "*amateur*"). Estos jóvenes ciclistas de élite recorren aproximadamente 30000 km cada año y su temporada incluye 50-90 días de competencia. La diferencia principal con el ciclismo profesional es que las principales competencias de élite abarcan solo 1 día, y algunas carreras con etapas de 5 días, normalmente con menores distancias para recorrer cada día. No obstante, la intensidad de las carreras tan extremas puede ser mayor que la de las carreras profesionales. Por lo tanto, tal como se ha informado previamente, el entrenamiento de resistencia y las características fisiológicas de ambos grupos son similares (1, 4).

El control de los entrenamientos de un deporte tan exigente es una herramienta crucial para la retroalimentación de los entrenadores e incluye muchas variables de estudio en laboratorio y en el campo.

La temporada de entrenamiento de estos atletas normalmente comienza a fines de noviembre y finaliza en octubre (10-11 meses) con un período principal de competencias extendido que normalmente va de julio hasta septiembre. Algunos otros importantes eventos de competición comienzan en primavera y abarcan generalmente 1 día de competencia durante el fin de semana. Los ciclistas que integran el ciclismo amateur compiten por un equipo de ciclismo y demostrando su progreso, intentan conseguir un contrato profesional antes de cumplir los 23 años de edad.

La profesionalización extrema del deporte hace que cada vez sean mayores las exigencias, inclusive en las categorías pre-elite. Por consiguiente, en la actualidad, el control fisiológico del entrenamiento es una herramienta necesaria, para que los entrenadores puedan aportar retroalimentara sus atletas.

El objetivo de este estudio longitudinal fue analizar los procesos de adaptación de variables fisiológicas y hematológicas en una temporada de pleno entrenamiento en ciclistas de élite.

MATERIALES Y METODOS

Sujetos

En el estudio participaron catorce ciclistas de ruta de sexo masculino que compiten en "la categoría de elite sub23" de la Unión de Ciclismo Internacional. Para ser incluidos en el estudio los ciclistas debían reunir los siguientes criterios. Debían: 1) tener 2 años por lo menos, de experiencia en competencias previas; 2) estar matriculado en un equipo amateur autorizado; 3) tener por lo menos 1 año de familiarización con las pruebas de laboratorio; 4) estar participando en un plan de entrenamiento idéntico bajo la supervisión de la dirección técnica de la Federación de Ciclismo de Madrid.

Los sujetos gozaban de buena salud, tal como se determinó mediante una evaluación física normal (que incluía un electrocardiograma). Las características de los sujetos se presentan en la Tabla 1.

Variable	Grupo de Sujetos					
	Ciclistas (n=8)		*Kayakistas (n=7)*		*Nadadores (n=8)*	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Edad (años)	24	2ª	23	6	18	2
Talla (cm)	182	4	177	8	183	7
Masa Corporal (kg)	79	9	74	11	75	8
Consumo máximo de O_2 (ml • min^{-1} • kg^{-1})	72	4ª	55	4	60	4
Pendiente [c] (ml • min^{-1} • W^{-1})	13,2	1,6	15,4	2,1	---	---
(ml • min^{-1} • kg^{-1} • s^{3} • m^{-3})	---	---	---	---	16,1	1,9
Ordenada al origen (ml•min^{-1}•kg^{-1})	7,3	2,3	6,9	2,4	5,8	2,2
SEE[c] (ml • min^{-1} • kg^{-1})	1,2	0,5	1,4	0,4	1,4	0,6
Coeficiente de correlación [c] *(r)*	0,995	0,003	0,991	0,006	0,994	0,003

Tabla 1. *Características de los sujetos en cada período. Los datos se presentan en forma de media±error estándar de la media. VC=*

Capacidad Vital; MVV= Ventilación voluntaria máxima; HR= Frecuencia cardíaca. La 2da y 3ra visita presentan diferencias significativas con la lra visita al laboratorio (p<0,05).*

Protocolo de Estudio

Cada participante dio su consentimiento informado de acuerdo con los lineamientos de la Asociación Médica Mundial sobre investigaciones con seres humanos, tal como se establece en la declaración de Helsinki. Durante el estudio cada sujeto fue evaluado 3 veces; al "comienzo de la temporada" (noviembre), al final del "mesociclo de volumen" (febrero) y al final del "mesociclo de intensidad" antes del comienzo del período principal de competencias de la temporada deportiva (junio). Durante cada semana de pruebas, el lunes se les realizaba un análisis de sangre, el martes tests de antropometría y ergoespirometría, tests de ingesta nutricional desde lunes a viernes y el test de máximo estado estable de lactato (MLSS) el viernes.

Entrenamiento

Las variables de entrenamiento fueron registradas todos los días en los dos períodos (mesociclos) definidos entre los tests y en la Tabla 2 se presentan los valores de la media±error estándar de la media (SEM) del grupo. El volumen (horas) expresa el tiempo de entrenamiento total destinado en cada período y la intensidad se midió en horas de entrenamiento en 3 zonas diferentes de frecuencia cardíaca: 1) debajo del primer umbral ventilatorio (VT_1) o zona 1; 2) entre VT_1 y el segundo umbral ventilatorio (VT_2) o zona 2; y 3) por encima de VT_2 o zona 3. El porcentaje de entrenamiento en cada zona se presenta en la Figura 1. Todos los datos fueron registrados en cada sujeto con un telémetro de frecuencia cardíaca (*S720i Polar, Electro OY Polar, Finlandia*), que registraba continuamente cada 5 seg durante las sesiones de entrenamiento. Los días de competencias también fueron incluidos en el registro de entrenamiento.

	Mesociclo de Invierno	Mesociclo de Primavera
Volumen (h)	211,31 ±0,57	260,34±0,6 *
Zona de Volumen 1 (%)	77,7±0,3	69,9±0,5 *
Zona de Volumen 2 (%)	197±0,6	22,1 ±0,4
Zona de Volumen 3 (%)	2,4±0,3	8,1±0,2 *

***Tabla 2**. Volumen e intensidad de entrenamiento durante cada mesociclo. *p<0,05 para período de primavera vs. período de invierno.*

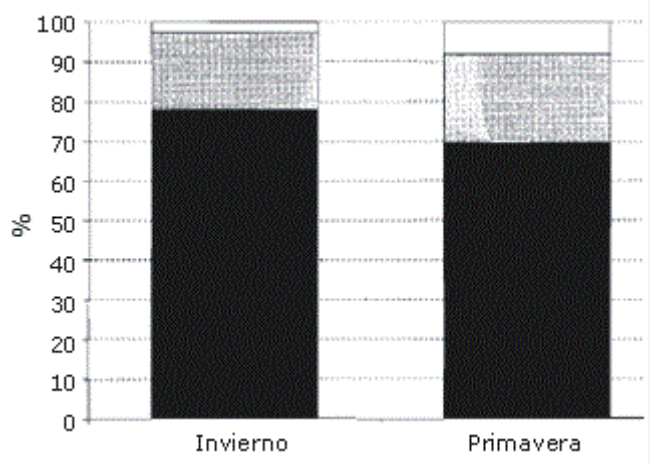

***Figura 1.** Porcentaje de trabajo en cada zona de intensidad. El color negro representa la zona 1; el color gris representa la zona 2 y el*

color blanco representa la zona 3.

Variables Antropométricas

Para determinar el porcentaje de grasa corporal, se midieron 6 pliegues cutáneos: tríceps, subscapular, supraspinal, abdominal,pantorrillay muslo y se aplicó la siguiente fórmula (5):

% de grasa corporal = ((∑6 pliegues cutáneos)·0,097) + 3,64)·100^{-1}

La masa corporal y altura también fueron calculadas siguiendo los procedimientos descriptos por Carter et al. (5).

Tests de Ejercicio

Cada prueba se realizó en una bicicleta ergométrica (*Jaeger ER800. Erich Jaeger, Alemania*). El test máximo fue realizado siguiendo un protocolo incremental hasta el agotamiento, partiendo de 0 Watts y aumentando la carga 25 Watts·min^{-1} y manteniendo una cadencia de pedaleo entre 70 y 90 rev·min^{-1}. Cada test de ejercicio finalizaba o por voluntad del sujeto, cuando la cadencia de pedaleo no pudiera mantenerse en 70 rev·min^{-1} (como mínimo) o cuando se cumpliera el criterio establecido de finalización de la prueba.

Para la determinación del MLSS se utilizó un test de intensidad doble (6). El mismo consistía en dos ejercicios de 30 min a una intensidad establecida previamente con un período de descanso intermedio de 45-min durante el cual los sujetos permanecían sentados en un sillón. Los test fueron realizados en condiciones ambientales similares (21 °C a 24 °C, 45% a 55% de humedad relativa).

Variables de Intercambio de Gases

Se obtuvieron los datos de intercambio de gas durante los tests de ejercicio utilizando un sistema respiración-por-respiración automático (*Jaeger Oxicon Pro®, Erich Jaeger, Alemania*). Antes de cada prueba se calibró el equipo con los ajustes medioambientales necesarios. Para el análisis los datos fueron registrados con el software *Lab Manager V4,53ª* , y se obtuvo el promedio de 8 respiraciones.

Muestreo y Análisis de Sangre

Para las determinaciones de concentración de lactato (La), se extrajo una muestra de sangre capilar por punción de la yema de los dedos y fue analizada mediante fotometría en el equipo *Dr. Lange LP-20* (*Bruno Lange, Alemania*).

Las variables hematológicas fueron determinadas después del día de descanso semanal por especialistas de la Facultad de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El suero de las muestras de sangre en reposo fue analizado con el equipo RA-500 (*Bayer, Alemania*) siguiendo las instrucciones y protocolos de la Sociedad Española de Química Clínica (SEQ).

Análisis Nutricional

Para la evaluación de la ingesta de alimentos, los sujetos completaron una encuesta de 5 días durante las 3 semanas de evaluación. Los datos fueron analizados mediante el *software* Nutritionist IV (v4, 1) para obtener los datos de macronutrientes consumidos.

Análisis Estadísticos

Para comparar las medias de las variables a lo largo de los tres períodos se realizó un análisis de medidas repetidas de una vía (ANOVA en parcelas divididas). Previamente, se demostró la esfericidad de la muestra con el test de Mauchly. Para el manejo de los datos se utilizó el software SPSS (v 11,5). Los resultados se expresan como Media±error estándar de la media (SEM). El nivel de significancia se fijó en 0,05.

RESULTADOS

Entrenamiento

En la Figura 1 y Tabla 2 se presentan las características del entrenamiento. El volumen total fue significativamente mayor ($p<0,05$) en el mesociclo de primavera que en el mesociclo de invierno. En lo que respecta a la intensidad de entrenamiento, se observaron diferencias significativas en el porcentaje de trabajo en la zona 1 y 3 ($p<0,05$), del ciclo de primavera con respecto al ciclo invernal y no se observaron diferencias en el porcentaje de trabajo en la zona 2.

Tests de Esfuerzo

En la Tabla 3 se presentan las variables fisiológicas de las pruebas de esfuerzo. Se observó un aumento significativo ($p<0,05$) en la producción de potencia en la segunda y tercera visita al laboratorio en comparación con la primer visita, tal como se observa en los valores de VT_1 y VT_2. Para los valores de producción de potencia máxima (W_{max}) estas diferencias no fueron significativas después de la 3ra visita. Se observó una disminución significativa ($p<0,05$) en la frecuencia cardíaca máxima (HRmax) después de la 3ra visita en comparación con la 1ra visita. No se encontró ningún cambio para la HR en VT_1 y VT_2 en ninguna de las visitas. El consumo de oxígeno (VO_2) aumentó significativamente ($p<0,05$) en los tres momentos en cada test (máximo, VT_1y VT_2) en la 2da y 3ra visita en comparación con la 1ra visita. No se observó ningún cambio en la concentración de La y finalmente la posición del umbral (% VO_2max) aumentó significativamente ($p<0,05$) después de la lra visita y no se observaron diferencias entre la 2da y 3ra visita.

	Primera Visita	Segunda Visita	Tercera Visita
W max (Watts)	429 ± 12,5	463±13,4*	448±18,2
HR max (lat/min)	197,8± 3,1	193,3±3,6	189,3±3,7*
VO_{2max} (mL·Kg^{-1}·min^{-1})	73,1±1,8	77,6±1,4*	80,5±1,8*
[La] $_{max}$ (mmol·L^{-1})	11,3±1,1	12±1,1	11±1
W_{VT1} (Watts)	206±11,2	252±10,8*	254±13,5*
HR_{VT1} (lat·min^{-1})	140,6±3,4	143,6±3,8	141,6±3,5
VO_{2VT1} (mL·Kg^{-1}·min^{-1})	38,1±1,7	47,2±1,5*	50,4±1,9*
$[La]_{VT1}$ (mmol·L^{-1})	1,9±0,2	1,8±0,1	1,8±0,1
VO_{2VT1} (% VO_{2max})	52±2,1	60±1,8*	62±1,7*
W_{VT2}(Watts)	339±11,1	378±8,7*	377±11,7*
HR_{VT2} (lat·min^{-1})	178,6±2,9	179±3,3	176,8±3,5
VO_{2VT2} (mL·Kg^{-1}·min^{-1})	60,3±1,8	68,5±1,9*	72,9±2,3*
$[La]_{VT2}$ (mmol·L^{-1})	5,09±0,6	5,56±0,6	5,22±0,5
VO_{2VT1} (% VO_{2max})	82,5±1,7	87,9±1*	90,1±1,4*

Tabla 3. *Variables fisiológicas determinadas en los tests de esfuerzo. Los datos se presentan en forma de Media ± error estándar de la media. W= Producción de potencia; HR= Frecuencia Cardíaca; VO_2= Consumo de Oxígeno; La= Concentración de Lactato. * p<0,05 para la 2da y 3ra visita versus la 1ra visita al laboratorio.*

Tests de Máximo Estado Estable de Lactato

En la Tabla 4 se presentan las variables fisiológicas de los tests de MLSS. Se obtuvieron aumentos significativos ($p<0,05$) en la producción de potencia en el MLSS (W_{MLSS}) después de la 1ra visita y no se observaron cambios en la frecuencia cardíaca ni en la concentración de La.

	Primera Visita	Segunda Visita	Tercera Visita
W max (Watts)	429 ± 12,5	463±13,4*	448±18,2
HR max (lat/min)	197,8± 3,1	193,3±3,6	189,3±3,7*
VO_{2max} ($mL \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	73,1±1,8	77,6±1,4*	80,5±1,8*
$[La]_{max}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	11,3±1,1	12±1,1	11±1
W_{VT1} (Watts)	206±11,2	252±10,8*	254±13,5*
HR_{VT1} ($lat \cdot min^{-1}$)	140,6±3,4	143,6±3,8	141,6±3,5
VO_{2VT1} ($mL \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	38,1±1,7	47,2±1,5*	50,4±1,9*
$[La]_{VT1}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	1,9±0,2	1,8±0,1	1,8±0,1
VO_{2VT1} (% VO_{2max})	52±2,1	60±1,8*	62±1,7*
W_{VT2}(Watts)	339±11,1	378±8,7*	377±11,7*
HR_{VT2} ($lat \cdot min^{-1}$)	178,6±2,9	179±3,3	176,8±3,5
VO_{2VT2} ($mL \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	60,3±1,8	68,5±1,9*	72,9±2,3*
$[La]_{VT2}$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	5,09±0,6	5,56±0,6	5,22±0,5
VO_{2VT1} (% VO_{2max})	82,5±1,7	87,9±1*	90,1±1,4*

Tabla 4. *Variables fisiológicas obtenidas a partir de los tests de máximo estado estable de lactato. Los datos se presentan en forma de Media ± error estándar de la media: W= Producción de potencia; HR= Frecuencia Cardíaca; La= Concentración de Lactato. *p<0,05 para la 2da y 3ra visita versus la 1ra visita al laboratorio.*

Análisis de Sangre

Los parámetroshematológicos se presentan en la Tabla 5. Se observó una disminución significativa (p<0,05) en la concentración de hemoglobina (Hb) después de la 3ra visita en comparación con la 1ra visita y no se observan cambios en los restantes parámetros asociados al perfil de glóbulos rojos y de hierro. También se observó un aumento significativo (p<0,05) en los valores de urea después de la 3ra visita en comparación con los valores de la primer visita, y no se observaron cambios en el perfil de creatinquinasa (CK).

Nutrición

En la Tabla 6 se presentan los valores de las variables nutricionales. Se observó una disminución significativa (p<0,05) en la ingesta de carbohidratos (CH) en la 2da visita en comparación con la 1ra visita, y al final de la 3ra visita los valores regresaron a los mismos niveles (p<0,05). También se observó un aumento en la ingesta de lípidos (p<0,05) en la 2da visita y una disminución en la 3ra visita (p<0,05) en comparación con la segunda. No se observó ningún cambio en la ingesta de proteínas.

	Primera Visita	Segunda Visita	Tercera Visita
ERIT ($x10^6 x\mu L^{-1}$)	5,1±0,1	5,0±0,1	4,9±0,2
Hb($g.dL^{-1}$)	15,4±0,3	14,7±0,3	14,7±0,4*
HTC (%)	48,3±0,8	47,6±0,8	46,7±0,9
Urea ($mg.L^{-1}$)	30,4±3,5	37,6±2,4	37,1±2,9*
H ($\mu g.dL^{-1}$)	109,1±10,8	121,3±12,9	118,9±15,4
Ferritina ($ng.mL^{-1}$)	163,8±23	132,5±14,7	138,4±18,4
CK($U.L^{-1}$)	216,0±59,2	220,9±78,5	231,4±60,5

Tabla 5. *Variables hematológicas. Los datos se presentan en forma de Media±error estándar de la media. ERIT: eritrocitos; Hb= Hemoglobina; HTC: hematocrito; CK=Creatinquinasa. * p<0,05 para las diferencias entre 2da y 3ra visita versus la 1ra visita al laboratorio.*

	Primera Visita	Segunda Visita	Tercera Visita
Carbohidratos (%)	52,5±2,1	46,4±2,9*	53,4±2,4**
Lípidos (%)	29,5±1,8	35,1±2*	27,6±2**
Proteínas (%)	17,9±0,9	18,3±1,1	17,8±1,3

***Tabla 6**. Variables nutricionales. Los datos se presentan en forma de Media ± error estándar de la media. * p<0,05 para las diferencias entre 2da y 3ra visita versus la 1ra visita al laboratorio; ** p<0,05 para las diferencias entre la 3ra y la 2da visita al laboratorio.*

DISCUSION

La creciente profesionalización y dedicación necesarias para alcanzar éste nivel, ha hecho que cada vez sea más importante para los entrenadores contar con conocimientos sobre fisiología del rendimiento deportivo. Revisiones recientes han descripto las características fisiológicas del ciclismo profesional, (1, 2, 7) pero todavía no conoce demasiado sobre los cambios fisiológicos producidos por en entrenamiento de resistencia en ciclistas altamente entrenados (8, 10). En función de la descripción común de las características del grupo, el grupo de ciclistas de elite monitoreado en este estudio podría ser comparado con ciclistas escaladores (2). De hecho, 7 sujetos ya alcanzaron la categoría profesional y actualmente están compitiendo en las carreras internacionales *pro-tour*. La disminución en el porcentaje de grasa corporal también es compatible con los datos previos de este grupo de especialistas (1).

Nosotros encontramos sólo dos estudios longitudinales previos (8, 10), en los cuales se supervisó el volumen y la intensidad de entrenamiento (enfocados en la retroalimentación de los entrenadores sobre el entrenamiento) e investigaron las explicaciones de "adaptación" para los resultados. Los nuevos resultados de nuestro estudio no coinciden con los resultados de otros estudios publicados previamente y como explicamos luego, podrían depender de la edad de los sujetos.

Tests de Ejercicio

Los datos máximos obtenidos por los sujetos (~463 Watts, ~80 mL·kg^{-1}·min^{-1}) reflejan la calidad de la muestra y son comparables con aquellos informados previamente para ciclistas profesionales. Dado que ellos deben seguir un plan de entrenamiento idéntico bajo la supervisión de la dirección técnica de la Federación de Ciclismo de Madrid, la muestra final reunió a los mejores ciclistas de elite de la región. Esto podría explicar el elevado nivel que alcanzaron los sujetos y la homogeneidad en sus rendimientos.

Los cambios después de la 1ra visita pueden ser explicados fácilmente por el alto volumen de entrenamiento realizado en el mesociclo invernal (~211 h), pero los datos no fueron diferentes después del mesociclo de primavera aunque el volumen total fue significativamente mayor (~260 h). Estudios previos (10) han explicado que este resultado dependería de alcanzar un techo fisiológico, lo que sugiere que luego de alcanzar tales valores centrales, los cambios adicionales se centrarían en las variables periféricas. Otra explicación podría ser el volumen acumulado de entrenamiento que se produce después de casi 8 meses de mediciones sin ninguna disminución en las competencias (el ciclo de competición comenzaría después de la última medición y continua durante 3 meses adicionales).

Un aumento global de 8% en VO_2max es superior al informado por otros autores en la bibliografía correspondiente a este deporte (7), y puede deberse a la juventud de los sujetos que todavía tienen un gran potencial de rendimiento. Aunque el VO_2max es una variable de integración, no hay resultados de ninguna otra variable periférica que pudiera explicar estos cambios. La disminución ($p<0,05$) en la frecuencia cardíaca basal (~61-52 lat·min^{-1}) presume adaptaciones cardíacas que podrían influir de manera positiva en la primera parte de la ecuación de Fick (Q) para el VO_2max.

Un desplazamiento positivo de VT_1 también pudo observarse después de la 2da visita (8-10%). Esto coincide con lo observado en otros estudios (11) para triatletas de élite, pero no ha sido informado en resultados obtenidos en estudios con ciclistas profesionales, cuyos sujetos tenían la posición óptima de rendimiento en ambos umbrales a lo largo de la temporada de entrenamiento (9).

A partir de los datos de HR y La, se plantea la hipótesis que un solo test de esfuerzo, al comienzo de la temporada debería ser suficiente para calcular las intensidades de entrenamiento, utilizando los otros tipos de tests de intensidad submaxima para medir los cambios durante el año.

El elevado volumen de entrenamiento aeróbico (~90% trabajo a zona 1 + zona 2) realizado en el mesociclo de primavera, es una posible razón para que se hayan mantenido los valores de VT_1 (~252 Watts y ~60% VO_2max) hasta la 3ra visita. Parece que el entrenamiento en la zona 3 se mantiene principalmente por la competencia. Esto podría ocultar algunos de los rendimientos esperados para los indicadores de resistencia anaeróbica.

Una respuesta similar se observó en las variables de VT_2 medidas con un rendimiento sorprendente después del mesociclo invernal donde sólo ~22% del entrenamiento fue realizado entre la zona 2 y 3. De nuevo, ningún cambio se observó en HR y La.

Los valores obtenidos (~378 Watts y ~89% VO_2max) son similares a los informados para ciclistas profesionales (2).

Máximo Estado Estable de Lactato

De los resultados de los tests de intensidad submáxima, se observa que el MLSS no cambia durante la temporada en HR y La. Esta observación se asemeja a lo observado en estudios previos (12). Al mismo tiempo, la carga en la cual los sujetos alcanzaron su estado estable aumentó de manera similar al resto de las variables obtenidas en los tests máximos.

No es fácil encontrar valores de referencia en la literatura, para poder comparar con nuestro grupo de sujetos. Beneke et al.(13) presentaron valores medios de ~257,8 Watts en MLSS obtenidos en un grupo mixto de ciclistas y triatletas. Aunque estos datos son similares a los de la 3ra visita de nuestros ciclistas, nosotros pensamos que el test de doble intensidad subestima el MLSS. Nos fue imposible demostrar esta hipótesis estableciendo diferentes estados estables por encima de la carga obtenida en el test de intensidad doble. Otros enfoques matemáticos sobre la intensidad media necesaria para romper el record de la hora, sugieren que, durante ese tiempo, sería necesario un de gasto de energía de 400 Watts (l).

Sangre

En estudios previos de deportes de resistencia se observó una disminución en los parámetros relacionados con los glóbulos rojos que fue atribuida a los aumentos en el volumen de entrenamiento (14). Los valores de Hb <14 g.dL^{-1} han sido asociados con anemia deportiva (15). Aunque nuestros sujetos presentaban diferencias significativas ($p<0,05$) sólo en los valores de Hb obtenidos en la tercer visita, todos los valores relacionados con los glóbulos rojos tenían una tendencia a disminuir en cada nueva visita.

Los valores elevados de urea y CK también han sido relacionados con procesos utilizados para aumentar el volumen en el umbral anaeróbico, o el volumen de la zona 3 (16). Esto podría ser un indicador del elevado volumen e intensidad de entrenamiento de nuestros sujetos, y sugiere que se necesitan controles para evitar un futuro proceso de pseudoanemia. Los parámetros relacionados al hierro no presentaron variaciones a lo largo del entrenamiento, lo que no coincide con lo observado en otros estudios (17).

Nutrición

La energía utilizada por un ciclista que realiza un nivel de entrenamiento tan demandante es muy alta (~327±34 KJ.kg^{-1}). La variable realmente importante en la nutrición son los carbohidratos (CHO). En la bibliografía se recomienda un 60-65% de ingesta de carbohidratos en la dieta (18). La ingesta pobre de carbohidratos ha sido asociada con el agotamiento de las reservas de glucógeno durante un microciclo seguido por síntomas de sobreentrenamiento, si la falta de carbohidratos no se revertía (19).

Nuestros datos son similares a los publicados previamente para ciclistas profesionales: 58±3% de ingesta de CHO, 13±0,8 % de ingesta de proteínas y 30±3 de ingesta de lípidos (20) con variaciones en la ingesta de CHO a lo largo de la temporada (46-53%), qué nunca alcanzaron los valores recomendados previamente mencionados.

Conclusiones

Nuestros resultados sugieren que uno o dos tests de esfuerzo dentro de los programas de entrenamiento durante la temporada, son suficientes dado que no se produce ningún cambio en la HR en el VT durante la temporada. También resaltan la necesidad de realizar análisis de sangre y de nutrición para prevenir el riesgo de sobreentrenamiento en un deporte tan exigente.

Dirección para Envío de Correspondencia

A. G. Zapico, Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid, C/Rector Royo Villanova sn, 28040 Madrid, España. Correo electrónico: azapico@edu.ucm.es.

REFERENCIAS

1. Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports Med 31:325-37*
2. Mujika I, Padilla S (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Med 31:479-87*
3. Beneke R (2003). Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl Physiol 88: 361-9*
4. Lucia A, Pardo J, Durantez A, Hoyos J, Chicharro JL (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med 19:342-8*
5. Carter L, Heath B (1990). Somatotyping: development and applications. *Cambridge: University Press*
6. Billat V, Dalmay F.Antonini MT, Chassain AP (1994). A method for determining the maximal steady state ofblood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol 69: 196-202*
7. Burke E (2000). Physiology of cycling. *In: William E, Donald T. editors. Exercise and sport science. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; p.759-70*
8. Lucia A, Hoyos J, Pardo FJ, Chicharro JL (2000). Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *Jpn J Physiol 50:381-8*
9. Lucia A, Hoyos J, Pardo FJ, Chicharro JL (2001). Effects of endurance training on the breathing pattern of professional cyclists. *Jpn J Physiol 51:133-41*
10. Lucia A, Hoyos J, Perez M, Chicharro JL (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc 32: 1777-82*
11. O'Toole LM, Douglas SF (1995). Applied physiology of triathlon. *Sports Med 19:251-67*
12. Beneke R, Hutler M, Leithauser RM (2000). Maximal lactate-steady-state independent of performance. *Med Sci Sports Exerc 32: 1135-9*
13. Beneke R, von Duvillard SF (1996). Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc 1996:28:241-6*
14. Cristani A, Boldrini E, Turrini F,Cioni G, Piccinini N (1997). Pseudoanemia due to sports. *Rec Prog Med 88: 461-2*
15. Rietjens GJ, Kuipers H, Hartgens F, Keizer HA (2002). Red blood cell profile of elite Olympic distance triathletes. *A three-year follow-up. Int J Sports Med 23:391-6*
16. Petibois C, Cazorla G, Poortmans JR, Deleris G (2002). Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review. *Sports Med 32:867 78*
17. Spodaryk K (1993). Haematological and iron-related parameters of male endurance and strength trained athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol 67:66-70*
18. Van Erp-BaartAMJ, Saris WHM, Binkhorst RA, Vos JA, Elvers JWH (1989). Nationwide survey on nutritional habits in elite athletes. *Part 1.Energy, carbohydrate. protein, and fat intake. Int J Sport Med 1989; I0:S3-S 10*
19. Burke LM (2001). Nutritional practices of male and female endurance cyclists. *Sports Med 31:521-32*
20. Garcia-Roves PM, Terrados N, Femandez SF (2000). Comparison of dietary intake and eating behavior of professional road cyclists during training and competition. *Int J Sport Nutr Exerc 10:82-98*

Cita Original

Zapico A. G., F. J. Calderon, P. J. Benito, C. B. Gonzalez, A. Parisi, F. Pigozzi, and V. Di Salvo Evolution of physiological and haematological parameters with training load in élite male road cyclists: a longitudinal study. J Sports Med Phys Fitness; 47: 191-6, 2007.