

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

# **TRABAJO FINAL DE GRADO**

*“Análisis de variables fisiológicas; carreras por etapas en el ciclismo”.*

AUTOR: TORRES, PÉREZ, JESÚS  
DIRECTOR: CONCEJERO, JORDAN SANTOS  
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE  
CURSO ACADÉMICO: 2015-2016  
CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE 2016

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	1
LISTA DE TABLAS.....	1
RESUMEN .....	2
PALABRAS CLAVE.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1. 1. Características del deporte.....	3
1. 2. Demandas fisiológicas del deporte .....	4
1. 3. Características de las carreras por etapas .....	5
1. 4. Demandas fisiológicas en carreras por etapas.....	6
1. 5. Variables fisiológicas a observar .....	7
2. METODOLOGÍA.....	10
3. RESULTADOS .....	13
4. DISCUSIÓN.....	26
5. CONCLUSIONES .....	29
6. BIBLIOGRAFÍA.....	30

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Modelo de rendimiento en el ciclismo; variables fisiológicas.

Figura 2. Formula determinación de TRIMP.

Figura 3. Niveles de Melatonina de mañana y tarde en tres semanas de competición.

Figura 4. Niveles séricos de FSH, LH, testosterona y cortisol en tres semanas de competición.

Figura 5. Reparto de fases de intensidad en cada etapa, en las tres grandes vueltas por etapas.

Figura 6. Reparto global de intensidades en cada gran vuelta y comparación de carga de cada una.

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Patrones de búsqueda y resultados para elección de artículos.

Tabla 2. Características de los artículos encontrados y seleccionados para revisión.

Tabla 3. Características e información de los artículos seleccionados.

Tabla 4. Diferencias entre tipos de etapas.

Tabla 5. Características de las etapas según su clasificación.

Tabla 6. Variables fisiológicas en los distintos tipos de etapa.

## **RESUMEN**

El ciclismo es un deporte con requerimientos de tipo aeróbico en los que los ciclistas deben recorrer una distancia determinada con el uso de la bicicleta.

En el caso de las carreras por etapas se da una sucesión de realización de carreras a lo largo de los días, para cubrir un periodo competitivo que de una clasificación general final. Las carreras por etapas tienen una influencia importante en el organismo de los ciclistas ya que, los esfuerzos repetitivos a lo largo de los días hacen que se modifiquen variables fisiológicas de las cuales dependerá su rendimiento.

En el presente documento, mediante la búsqueda y revisión bibliográfica de artículos científicos se ha llevado a cabo la toma de datos sobre las aportaciones de cuatro artículos escogidos.

Así pues encontramos modificaciones en variables fisiológicas dependiendo de los tipos de etapa, de la intensidad de la etapa, y del estado del ciclista; tratándose de diferencias en demandas fisiológicas; en cuanto a ritmo cardiaco, intensidad percibida, y valores sanguíneos (melatonina, cortisol, testosterona, hormona luteinizante y hormona foliculoestimulante).

Finalmente podemos decir que el impacto fisiológico de las carreras por etapas es notable y se evidencia de forma científica en los estudios revisados, pero, son necesarios nuevos estudios que tengan en cuenta las características y funciones de los ciclistas en cada equipo, así como la realización de estudios con metodologías uniformes.

## **PALABRAS CLAVE**

Giro, Tour, Vuelta, hormonas, melatonina, cortisol.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Características del deporte

El ciclismo en ruta se trata de un deporte con requerimientos de la cualidad física de resistencia, en mayor medida de tipo aeróbicos de manera que, utilizando una bici, el ciclista, se desplaza por un recorrido para cubrir una distancia y un perfil determinado.

El gesto motor desarrollado por el ciclista es de tipo cíclico y se lleva a cabo en su mayoría con los miembros inferiores los cuales propulsan el sistema mecánico de la bicicleta.

El deporte se lleva a cabo sobre el recorrido diseñado y además, dependiendo de las diferentes tipos de prueba, encontramos distintas denominaciones de etapas:

- Etapas en línea: se trata de pruebas en las que participan todos los corredores al mismo tiempo, se desarrolla con las propias reglas en cuanto a sistema de cronometraje y puntuación, los cuales designan los diferentes ganadores de etapa.
  
- Etapas contrarreloj:
  - Individuales: se trata de etapas en las que los corredores cubren un recorrido de forma individual y en la que el resultado obtenido se toma atendiendo al tiempo que cada corredor ha tardado en realizar el recorrido, para así, designar la clasificación.
  
  - Por equipos: al igual que las contrarrelojes anteriores, se trata de realizar un recorrido, ésta vez por todos los integrantes de cada equipo, para así tomar el tiempo que tardan como equipo en realizar el recorrido.

## 1.2 Demandas fisiológicas del deporte

La obtención de energía en el ciclismo por parte de los deportistas se lleva a cabo mediante la ruta de oxidación de ácidos grasos y glucólisis aeróbica; siendo ambas vías de las que se obtiene la energía para el sustento de la intensidad en carrera. Es por ello que los ciclistas deben incurrir en esfuerzos con demandas máximas y submáximas dentro de estas vías aeróbicas. [1]

La cualidad física demandada en el ejercicio es de resistencia, el carácter del ejercicio es de tipo aeróbico, con incursiones en umbral anaeróbico en determinadas situaciones de carrera, que se llevan a cabo con mayor intensidad, como pueden ser; el paso por cordilleras montañosas, las contrarrelojes, los sprints, ataques y demarrajés.

La limpieza de las sustancias producidas en la glucólisis anaeróbica se da mediante ciclos de reutilización de energía, (Cori), lo que hace que la intensidad de carrera, en el proceso de ésta reutilización, sea sustentada por las vías oxidativas de ácidos grasos y glucólisis. Debido a este fenómeno queda patente la importancia y preponderancia de estas vías como determinante del resultado final. [2]

A continuación podemos ver una impresión general de los factores de los que depende el rendimiento en el ciclismo:

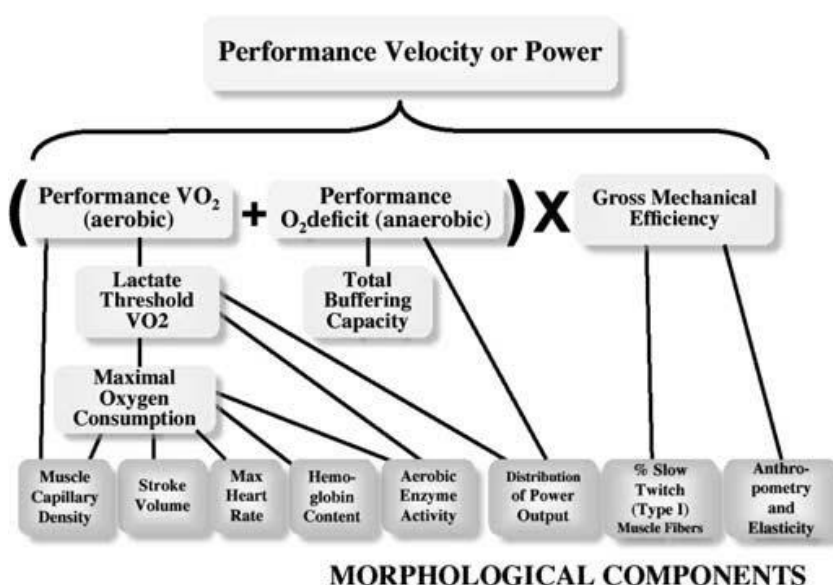


Figura 1. Modelo de rendimiento en el ciclismo; variables fisiológicas.

(Modificada de Hopker, J., et al, 2012).

### **1.3 Características de las carreras por etapas**

Las carreras por etapas, tienen unas características particulares con respecto a las carreras de un solo día, ya que, al tratarse de una consecución de carreras a lo largo de los días es necesario tener en cuenta otros aspectos.

Este tipo de carreras son consideradas como grandes vueltas; se tratan de competiciones de entre 90-100 horas de duración, en la que se cubren 3500-4000km, todo ello, repartido en tres semanas de duración (21 días de competición) en la que cada día se realiza una etapa, las distancias a cubrir por etapa son de unos 200 km realizados en 4-5 horas. **[3]**

En las etapas también varía el perfil o desnivel a cubrir de modo que podemos clasificar las etapas según el tipo de recorrido:

- Etapas llanas: etapas de unos 200 km, con duración de 4-5 horas, en la que el perfil de ascensión o descenso no es muy relevante, sin grandes pasos montañosos ni ascensos prolongados. Los ciclistas ruedan en un gran grupo, lo que hace que los requerimientos de energía en ocasiones se reduzcan en un 40% aprovechando el drafting. **[4]**
- Etapas de montaña: se trata de etapas en las que los corredores deben de atravesar pasos montañosos, con pendientes prolongadas y con porcentaje de inclinación medio importante. Además en ocasiones las ascensiones se dan en situaciones de altitud media (2000-2300m). Este tipo de etapas son más cortas en cuanto a kilometraje, puesto que, al tratar de cubrir una mayor ascensión, la dureza de las etapas, las demandas y exigencias físicas sobre los corredores es mayor. **[5]**

El número de etapas de montaña en las carreras por etapas varía entre 4 y 6 etapas, siendo al menos tres o más, pasos de montaña con pendientes de más de 10 km y con un porcentaje de gradiente de entre 5-10%, lo que requiere de tiempos de ascenso de 45 o más de 45 minutos sobre el total de la etapa. La velocidad de ascenso se sitúa en torno a 20 Km/h, de manera que, el ciclista debe de oponerse a la fuerza de la gravedad, en este punto es importante considerar el ratio de la masa del ciclista con respecto a la máxima intensidad capaz de sustentar en el tiempo. [6]

Dependiendo de la dureza de los pasos montañosos se clasifican como: de primera categoría; de mayor dureza debido a pendientes prolongadas y empinadas, segunda categoría; con menor dureza que los pasos de primera, y tercera categoría; siendo los de menor dureza. Los baremos para el tipo de clasificación, son establecidos por el jurado técnico de las organizaciones de carrera.

#### **1.4 Demandas fisiológicas en carreras por etapas**

Siguiendo las demandas fisiológicas generales del ciclismo, se requiere de las vías oxidativas de ácidos grasos y glucólisis como las principales rutas de obtención de energía para el desarrollo de la competición, aunque como bien se ha mencionado también en determinados momentos se va a incurrir en sollicitaciones anaeróbicas.

En el caso de las carreras por etapas juega un papel muy importante la reserva de adaptación y la capacidad biológica del organismo para la repetición de esfuerzos a lo largo de los días.

El fenómeno de consecución de etapas a lo largo de los días hace que éstas competiciones se caractericen por el poco tiempo de recuperación entre cada etapa, situándose en torno a 18h, de manera que es lo que hace que se den grandes cambios fisiológicos, los cuales son los responsables de la variación de la forma a lo largo de la carrera. [7]



Para mantener los ritmos circadianos los ciclistas tratan de realizar las mismas pautas horarias en cuanto a hidratación, ingesta de alimentos, y horas de sueño, de manera que se intenta que con ello se lleve a cabo una óptima recuperación.

Tras la realización de cada etapa es común que; debido al uso de la glucólisis anaeróbica y aeróbica los depósitos de glucógeno hepático y muscular se hayan agotado o se encuentren agotados o a niveles bajos, de manera que se deben de intentar recargar antes de la realización de la siguiente etapa, para que los ciclistas dispongan de energía y puedan llevar a cabo satisfactoriamente la obtención de energía por sus organismos y con ello la consecución del rendimiento esperado.

Así, en búsqueda de un estado óptimo de disponibilidad de energía, balance catabólico-anabólico y mantenimiento de funciones plásticas en su organismo, tratan de ingerir 840g de HC, 200 gr de proteína y 158 gramos de grasas. [8]

### **1.5 Variables fisiológicas a observar**

Una vez contextualizado las características y demandas fisiológicas del tipo de competición del que hablamos pasaremos a hablar de las variables y fisiológicas remarcables que más tarde son objeto de estudio.

- Variables de intensidad del esfuerzo

Las variables fisiológicas marcadoras de intensidad pueden ser medidas de forma interna o externa, de manera interna; se trata de cuantificar o situar el nivel de exigencia en el que se encuentra el organismo del deportista y de manera externa; mediante la medición del resultado de producción de energía del deportista. Algunas de éstas variables son:

- Pulso: variable de carga interna de intensidad del esfuerzo, medida en latidos del corazón por minuto, utilizada para la toma de datos y

correlación con las demandas fisiológicas dependiendo de las diferentes etapas.

- Umbrales metabólicos: variable de carga interna zonas delimitadas según intensidades de frecuencia cardiaca, se clasifican en umbrales para correlacionarlos a un determinado porcentaje con respecto al pulso, son buenos indicadores del estado del organismo del deportista.
- Wattios: es la potencia desarrollada por el ciclista, se toma como variable de medición de carga externa de intensidad del ejercicio.
- TRIMP: se trata de un parámetro marcador de la carga interna del ejercicio, es estimado a partir del pulso HR y la duración de la carrera.

[9]

$$\text{TRIMP} = T \times \left[ \frac{HR_T - HR_B}{HR_{max} - HR_B} \right] \times 0.64 \times e^{1.92 \left[ \frac{HR_T - HR_n}{HR_{max} - HR_n} \right]}$$

Figura 2. Formula determinación de TRIMP.

(Adaptada de Banister, E.W. 1991).

- Niveles hormonales:

Las hormonas encontradas en sangre y en orina en los deportistas son indicadores de la respuesta del organismo a consecuencia del esfuerzo físico desarrollado, las hormonas relevantes a observar son:

- Melatonina: como sustancia segregada en la glándula pineal, se encarga del control de los biorritmos de manera que ello puede influir en la recuperación día tras día, lo cual, en el caso de las carreras por etapas consideramos relevante en la modificación del rendimiento a lo largo de los días. [10]
- Cortisol: como respuesta al ejercicio extenuante, algunas de las hormonas del organismo acentúan sus niveles como respuesta del eje hipotálamo-pituitaria-adrenal, (HPA). En ocasiones de extenuación

extrema o sobreentrenamiento es el ratio entre cortisol y testosterona el que evidencia una situación de ruptura de homeostasis en el organismo. **[11]**

- Testosterona: en función del tipo de ejercicio realizado y la duración, los niveles de testosterona basales se ven modificados, aumentando o disminuyendo según el tipo de ejercicio y del nivel de entrenamiento del sujeto. **[12]**
  
- LH, FSH: las llamadas gonadotropinas: Hormona luteneizante (LH) y Hormona Foliculoestimulante (FSH), secretadas según las órdenes del eje hipotálamo-pituitaria, al igual que en el caso del ratio testosterona y cortisol, se deben de dar niveles óptimos que aseguren la homeostasis del organismo.

## 2. METODOLOGÍA

Para la obtención de datos sobre las modificaciones fisiológicas que infieren las carreras por etapas se han revisado artículos científicos sobre “Carreras por etapas”. Para la selección de los estudios se ha aplicado una búsqueda en la base de datos PUBMED, con fecha de búsqueda Viernes, 9 de Septiembre de 2016.

Como resultado se obtuvieron una serie de artículos los cuales fueron escogidos atendiendo a los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión: basándonos en cuestiones clave; que se trate de temas de estudio (ciclismo), experimentales, de observación y correlación; cuyos propósitos sean de observar y analizar variables fisiológicas de los ciclistas en las carreras por etapas, (> 12 días) preferiblemente tres de las grandes carreras por etapas (Giro, Vuelta o Tour). Otros criterios a tener en cuenta son; estudios que analicen los roles más comunes dentro del equipo, evitando los líderes y sprinters. Estudios que apliquen similares métodos de medición basándose en métodos aplicados en estudios previos.
- Criterios de exclusión: aquellos artículos que no se centren de estudiar variables fisiológicas en ciclismo, que no sean de carreras por etapas.

Así pues si realizamos una visión general de los resultados obtenidos en la búsqueda bibliográfica encontramos:

Tabla 1. Patrones de búsqueda y resultados para elección de artículos.

Base de datos	Búsqueda	Resultados	Resultados válidos	Resultados rechazados
<b>PUBDMED</b>	Cyclists hormone levels, cycling week races, Giro Tour Vuelta ,Tour France Physiological review	8	4	No tema: 2  No variables fisiológicas: 2  No carreras por etapas:0

Es preciso puntualizar que las palabras mediante las cuales se realizó la búsqueda fueron indicadas como necesarias en la aparición de los títulos de los artículos a buscar, para así asegurar que el propósito de los artículos encontrados fuese acorde con el tema de estudio.

Los artículos encontrados y escogidos para revisión fueron los que a continuación se presentan, junto a las características de cada uno:

Tabla 2. Características de los artículos encontrados y seleccionados para revisión.

Autores	Año	Publicado en	Tipo de estudio
<b>Lucía, A., Earnest, C., Arribas, C.</b>	2003	Journal of Science and Medicine Sport	Revisión
<b>Lucía, A., Díaz, B., Hoyos, J., Fernández, C., Villa, G., Bandrés, F., Chicharro, J. L.</b>	2001	Journal of Science and Medicine Sport	Experimental/ Observacional
<b>Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest,</b>	2003	Journal of Science and Medicine Sport	Observacional

<b>C., Chicharro, J. L.</b>			
<b>Padilla, S., Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F., Goiriena, J. J.</b>	2008	Journal of Applied Physiology	Experimental/ Observacional

### 3. RESULTADOS

Llegados a este punto pasaremos a nombrar los estudios encontrados y la información que éstos recogen.

Tabla 3. Características e información de los artículos seleccionados.

<b>Investigador</b>	<b>Muestra</b>	<b>Carrera analizada</b>	<b>VARIABLES observadas</b>
<b>Lucía et al. (2003)</b>	N= Revisión de otros artículos	Tour	Distancia Tiempo Intensidad Velocidad Demandas generales Inconvenientes Potencia
<b>Lucía et al. (2001)</b>	9	Vuelta	Valores sanguíneos: Melatonina, Cortisol, testosterona, FSH y LH.
<b>Lucía et al. (2003)</b>	1	Giro Tour Vuelta	Tiempos invertidos en intensidades: I, II, III.
<b>Padilla et al. (2008)</b>	16	Giro Tour Vuelta	Umbrales metabólicos

### 1er artículo: “The Tour the France: a physiological review”.

En este artículo encontramos que se ha realizado una revisión sobre las características y demandas fisiológicas del “Tour de Francia” en los ciclistas, además con ello se han diferenciado diferentes niveles de carga dependiendo de tipo de etapas.

Se realiza una diferenciación entre los tipos de etapa, bien etapas llanas, etapas con ascensos de alta montaña y contrarrelojes. Así encontramos lo siguiente:

Tabla 4. Diferencias entre tipos de etapas.

	<b>ETAPAS LLANAS</b>	<b>ETAPAS ASCN. ALT.MONTAÑA</b>	<b>CONTRARRELOJES</b>
<b>Distancia (km)</b>	~200	~200	40-60 (mayormente llano)
<b>Tiempo de ejercicio(h)</b>	4-5	5-6	~1
<b>Intensidad media de ejercicio</b>	Zonas 1-2 Baja moderada	Zonas 2-3 durante ascenso Moderada a alta	Zonas 2-3 Alta
<b>Velocidad media</b>	~45	~20 durante ascenso	~50 (especialistas)
<b>Posición del ciclista</b>	Sentado	Alternando sentado, de pie.	Aerodinámica (manillar de triatlón)
<b>Demandas generales</b>	Técnicas	Fisiológicas	Fisiológicos y aerodinámicos
<b>Principales inconvenientes</b>	Caídas	Hipoxia moderada (>1500m)	Aerodinámica
<b>Potencia media estimada</b>	200-250W	$\geq 6 \text{ W x kg}^{-1}$ En escaladores	350W ( $\geq 400\text{W}$ en Especialistas)

(Adaptada de Lucía et al, 2003).

Zona 1: <70%VO<sub>2</sub>max; zona 2: 70-90% VO<sub>2</sub>max, zona 3: >90% VO<sub>2</sub>max.



## 2º artículo “Hormone Levels of world class cyclist during The Tour of Spain Stage race”

En este artículo nos encontramos con el análisis de valores fisiológicos de ciclistas durante la “Vuelta ciclista a España”.

El protocolo utilizado fue, recogida de muestras en los ciclistas para medir niveles de 6-sulfatomelatonina (aMT6s) en orina, FSH, LH, Cortisol y Testosterona. Las muestras se recogieron antes del comienzo de la carrera; semana 0(t0), y durante; primera (t1), segunda (t2) y tercera (t3) semana de carrera.

### Melatonina:

En el caso de esta sustancia en el estudio, además de la metodología comentada en cuanto a la recogida de muestras, también se llevaron a cabo dos recogidas de muestras en el mismo día; mañana y tarde.

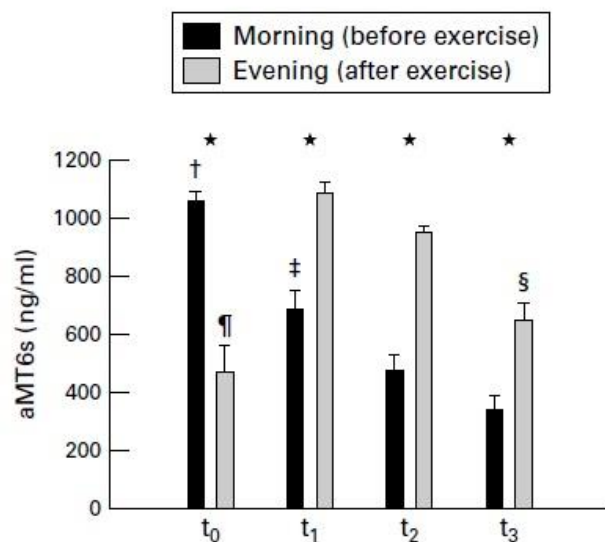


Figura 3. Niveles de Melatonina de mañana y tarde en tres semanas de competición. (Obtenida de Lucía et al, 2001).

Antes y justo en el comienzo de la competición (semana 1); t<sub>0</sub> y t<sub>1</sub>, los niveles de aMTS6 en la mañana eran significativamente más altos (p<0.01) que el resto de niveles de las muestras en la mañana; t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>.

Los niveles de aMTS6 de t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>, después del ejercicio fueron mayores, (p<0,01), con respecto a las muestras antes del comienzo de la competición por etapas.

Los niveles de aMTS6 medidos entre la mañana y la tarde evolucionaron en descenso durante el estudio.

### Cortisol y Testosterona:

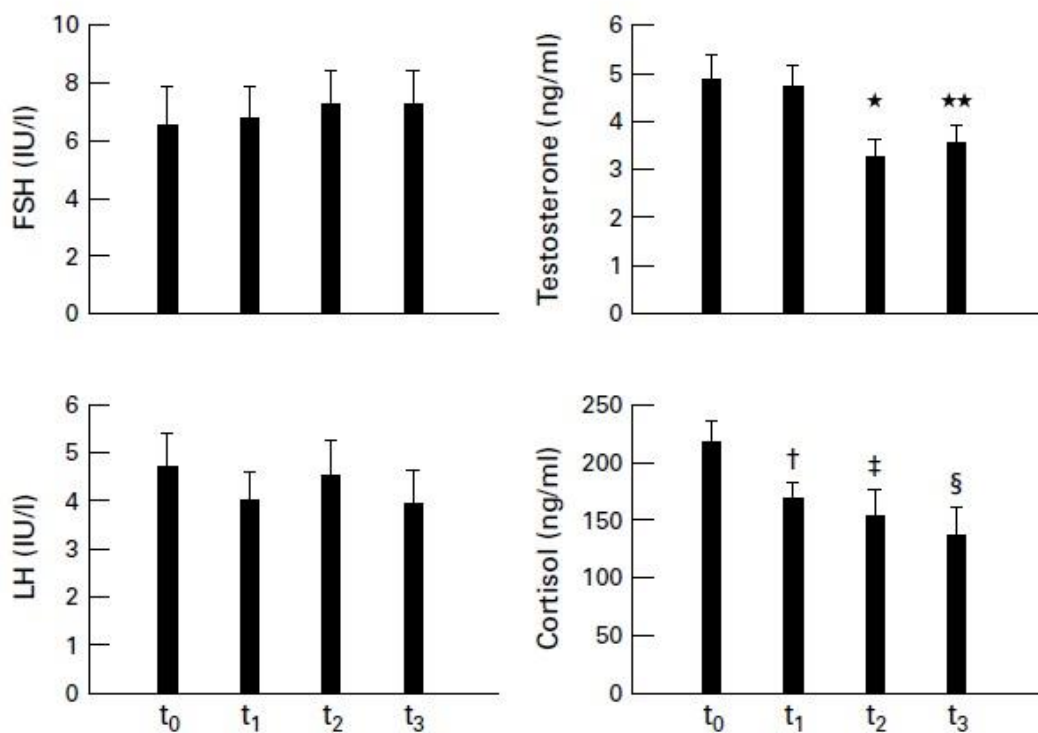


Figura 4. Niveles séricos de FSH, LH, testosterona y cortisol en tres semanas de competición. (Obtenida de Lucía et al, 2001).

Las gráficas muestran los niveles séricos de la mañana de FSH, LH, Testosterona y Cortisol antes de la competición (t0) y al final de la primera (t1), segunda (t2) y tercera (t3) semana.

No hay diferencias significativas entre LH y FSH.

Testosterona: \*p<0,01 entre t2 con respecto a T0. \*\*p<0,01 entre t3 y t0.

Cortisol: †p<0,05 para t1 con respecto a t0. ‡<0,01 para T2 con respecto a t0. Sp<0,01 para t3 con respecto a t0.

Como vemos la evolución de los niveles de Testosterona y Cortisol fueron en descenso durante el desarrollo de la competición.

### **3er artículo: “Giro, Tour and Vuelta in the same season”.**

El artículo aporta datos sobre tiempos invertidos en cada una de las etapas, diferenciando dentro de ellas el tiempo empleado en diferentes fases; las cuales son zonas delimitadas acorde a la intensidad del esfuerzo por parte del ciclista.

Las intensidades de trabajo son clasificadas según los umbrales ventilatorios (primero y segundo) los cuales fueron medidos en condiciones de laboratorio antes de la realización de estas competiciones de manera que se correlacionaron con el pulso del ciclista (sólo se examinó a un ciclista).

En competición se realizó una monitorización de la frecuencia cardiaca del ciclista para inferir así el tiempo invertido en cada fase.

En una visión general del reparto de intensidades por etapas durante todas las competiciones analizadas encontramos:

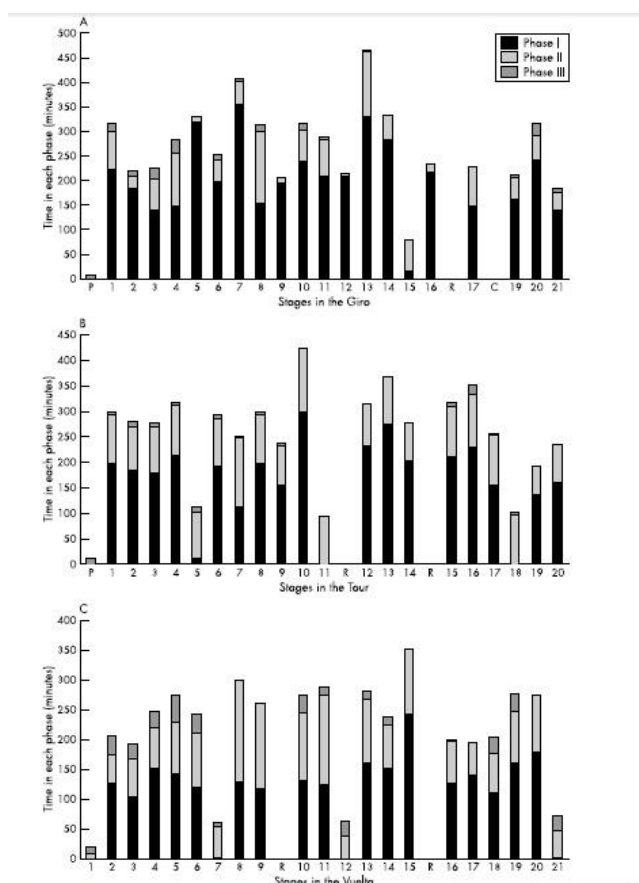


Figura 5. Reparto de fases de intensidad en cada etapa, en las tres grandes vueltas por etapas. (Obtenida de Lucía et al, 2003)

Fase 1: intensidad ligera < al primer umbral ventilatorio o <73%VO<sub>2</sub>max.

Fase2: intensidad moderada, entre el primer y segundo umbral ventilatorio, 73-90% VO<sub>2</sub>max.

Fase3: alta intensidad, > al segundo umbral ventilatorio, o 90% VO<sub>2</sub>max.

Las barras con baja puntuación son: P; prólogos o (Tour, Vuelta) contrarrelojes, C; etapas canceladas, R; descanso activo, días sin etapas de recuperación en zona 1.

En las tres graficas vemos que la mayor parte del tiempo de trabajo en cada etapa atiende a la intensidad en fase 1, en menor medida la 2 y el menor tiempo invertido en fase tres. Aunque también vemos como según la especificidad de la etapa esto varía, es el caso de las contrarrelojes, en las cuales el tiempo invertido se centra en la fase 3 y 2.

Si analizamos el porcentaje de tiempo en cada fase de manera global en las tres competiciones vemos:

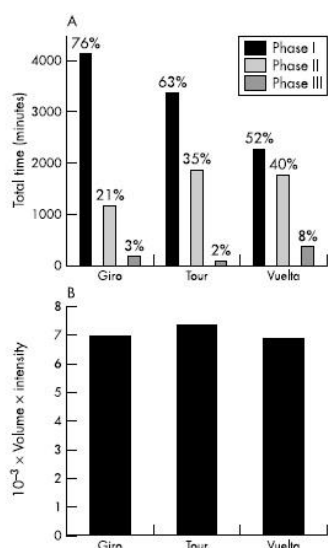


Figura 6. Reparto global de intensidades en cada gran vuelta y comparación de carga de cada una. (Obtenida de Lucía et al, 2003).

Como podemos ver se expresa el tiempo de “Giro” “Tour” y “Vuelta” en porcentaje de tiempo invertidos en las tres fases (intensidades). El porcentaje de tiempo en las tres fases se muestra encima de cada barra. En la segunda figura se muestra en carga total la dureza de cada competición.

De manera global vemos que la contribución más alta en cada una de las competiciones viene aportada por la fase uno, seguida de la segunda fase y la tercera fase; con esfuerzos de carácter máximo, es la que menos tiempo fue demandada en competición.

En la segunda figura vemos como se expresa la carga como resultado del producto del volumen por intensidad, se evidencia una mayor dureza en la competición de “Tour”, lo cual viene dado por la diferente dinámica en cuanto a tiempo invertido en las diferentes fases de intensidades.

Como se muestra en el artículo al tratarse de un estudio de caso se debe de tener en cuenta los roles específicos de cada ciclista dentro del pelotón puesto que en el caso de los líderes en ocasiones es necesario que mantengan la intensidad en fase 3 hasta 30 minutos. Este fenómeno sugiere de la necesidad de más estudios que aporten información sobre la realización de las tres grandes competiciones por etapas.

#### **4º artículo: “Exercise intensity and load during uphill cycling in professional 3 week races”**

En el siguiente artículo además de basarse en las carreras por etapas, encontramos un análisis según el tipo de etapa, de manera que encontramos el análisis en cuanto a zonas llanas y montañosas.

Las características físicas según los pasos montañosos:

Tabla 5. Características de las etapas según su clasificación.

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>No pasos montañosos N=68</b>	<b>Pasos montañosos de 1ª N=172</b>	<b>Pasos montañosos de 2ª N=134</b>
<b>Velocidad (Km h<sup>-1</sup>)</b>	18.5±4.4	25.1±7.6*	26.5±9.2*
<b>Distancia (km)</b>	16.9±5.8	13.3±3.9*	9.3±3.7*. **
<b>Pendiente (%)</b>	7.7±1.4	6.4±1.2*	5.8±1.6*. **
<b>Tiempo (s)</b>	3293±725	2017±756*	1261±490*. **

(Modificado de Padilla et al, 2008).

N= número de datos en los pasos montañosos.

\*Diferencias significativas de “No pasos montañosos”

\*\*Diferencias significativas de Pasos montañosos de 1ª.

- Tipos de etapa

Los pasos montañosos quedan divididos en:

- No pasos montañosos: son aquellos con al menos 10 km de subida con una media de pendiente del 8% o más y aquellos con al menos 20 km y una pendiente media de 6%.
- Pasos de 1ª: aquellos con al más de 6 km de ascensión con al menos 7% , y los de más de 10 km con al menos 5%.

- Pasos de 2ª: con distancia de más de 7 km al 5% o más de 11 km con pendiente al 3%.

La duración y pendiente de “No pasos montañosos”, 1ª y 2ª es significativamente diferente ( $p < 0,001$ ), lo que hace que creamos la clasificación de zonas llanas y montañosas de dos tipos.

La distancia recorrida fue menor en pasos montañosos de 1ª y 2ª con respecto a “No pasos montañosos”.

La velocidad de ascensión fue significativamente menor ( $p < 0,001$ ) en “No pasos montañosos” con respecto a 1ª y 2ª.

- Variables Fisiológicas:

Los datos se recogieron al comienzo, mitad y final del paso montañoso atendiendo a dicha delimitación llevada a cabo por las organizaciones de la carrera, las respuestas fisiológicas dadas fueron:

Tabla 6. Variables fisiológicas en los distintos tipos de etapa.

<b>VARIABLES</b>	<b>No pasos montañosos N=68</b>	<b>Pasos montañosos de 1ª N=172</b>	<b>Pasos montañosos de 2ª N=134</b>
<b>Frec.card (latidos min<sup>-1</sup>)</b>	157±12	159±10	154±12**
<b>%HRR</b>	77±7	77±7	74±8*. **
<b>%HRR OBLAR</b>	86±8	87±8	83±9*. **
<b>%HR LTR</b>	99±12	100±11	95±13**
<b>Potencia estimada (W)</b>	322±55	332±51	305±53**



<b>%Wmax</b>	74±9	76±8	71±10*.**
<b>TRIMP</b>	115±30	72±29	41±20*.**

(Modificado de Padilla et al, 2008).

N= número de datos en los pasos montañosos.

\*Diferencias significativas de “No pasos montañosos”

\*\*Diferencias significativas de Pasos montañosos de 1ª.

➤ **HR, Frecuencia cardiaca**

Frecuencia cardiaca (HR) durante los “No pasos montañosos” y 1ª fue más alta que durante 2ª, aunque las diferencias entre “No pasos montañosos” y 2ª no son estadísticamente significativas, las diferencias entre 2ª y 1ª sí.

➤ **%HRR**

Frecuencia cardiaca de reserva con respecto a pulsaciones máximas expresada en porcentaje.

Vemos que las diferencias significativas se dan en 2ª con respecto a “No pasos montañosos” y 1ª siendo más alta en “No pasos montañosos” y 1ª.

➤ **Umbral metabólicos; %HRObLaR y HRLtR**

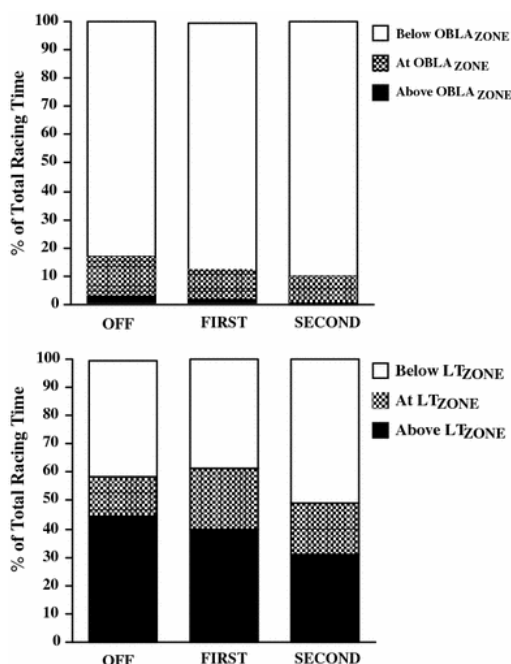


Figura 7. Tiempo total expresado en porcentaje de tiempo invertido en cada una de las intensidades. (Obtenida de Padilla et al, 2008).

- **%HRObLaR** : Frecuencia cardíaca de reserva en el punto de partida del umbral acumulación de lactato en sangre, expresado en porcentaje
- **%HRLtR** : Frecuencia cardíaca de reserva en el punto de partida de umbral de lactato (individual), expresado en porcentaje.

HR expresado en porcentaje de tiempo en HROBLA y HRLTR fue más alto en “No pasos montañosos” y 1ª con respecto a 2ª. Pero las diferencias en %HRLTR entre “No pasos” y 2ª no tienen significación estadística.

El tiempo total por debajo y por encima de OBLA ZONE en “No pasos” fue más largo que en 1ª Y 2ª. El tiempo por encima de OBLAZONE no es significativamente diferente entre “No pasos” y 1ª, pero el tiempo por debajo en OBLAZONE fue significativamente mayor en 1ª que en 2ª.

Las diferencias en tiempo de ascenso, (entre 1ª y 2ª), por encima y por debajo de OBLAZONE no son significativas.

El tiempo en LTZONE entre “No pasos” y 1ª y el tiempo por debajo de LTZONE entre 1ª y 2ª no fue significativamente diferente.

El porcentaje de tiempo por encima de LTZONE fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) entre “No pasos” y 2ª.

➤ **Potencia**

La potencia estimada de 1ª fue significativamente diferente con respecto a 2ª ( $p < 0,001$ ) Ello representa el valor significativamente más alto de %Wmax en “No pasos montañosos” y 1ª con respecto a 2ª.

➤ **TRIMP**

La mayor puntuación en TRIMP la encontramos en los “No pasos montañosos” con diferencias significativas entre 1ª y 2ª. Éste fenómeno puede ser debido al estrés que supone el estar en una situación de carrera en la que se rueda en pelotón con respecto a una etapa de montaña en la que el corredor dependiendo de sus funciones puede dejar de optar por una buena clasificación en la etapa.

#### **4. DISCUSIÓN**

Como hemos visto, además de tener en cuenta las modificaciones fisiológicas en los ciclistas, es importante tener en cuenta las características propias de cada competición por etapas

En primer lugar vemos como en el artículo de **Lucía et al, 2003**, se nos muestra la diferenciación en las exigencias en cuanto a etapas llanas, con ascensos montañosos y contrarrelojes. El reparto en el número de etapas de cada una de las clasificaciones queda a cargo de la organización, por lo que las exigencias de cada competición varían entre sí y a lo largo de las ediciones desarrolladas.

Vemos que las etapas con menor distancia y con ello duración, son las contrarrelojes, aunque por otro lado son de las que mayor intensidad requieren.

De igual manera as etapas con una intensidad moderada-alta son aquellas con pasos montañosos, en las cuales no se rueda en pelotón y en las que el drafting y la estrategia de equipo quedan relegados por la capacidad reguladora del esfuerzo y el sustento de intensidades máximas en el tiempo por parte de cada ciclista.

Además vemos otros aspectos relevantes como son la “potencia media estimada a desarrollar” en etapas de montaña, la cual es relativa al peso del ciclista, de manera que; unido a la pérdida progresiva de peso en el deportista a lo largo de la competición podría mejorar (siempre que no sobrepasase niveles críticos), este aspecto podría considerarse para posteriores revisiones sobre análisis de la dinámica de la potencia y el peso a lo largo de los días de competición.

En el estudio de **Lucía et al 2001**, se evidencian modificaciones en valores hormonales como la melatonina, la cual modifica los ritmos circadianos asegurando el mantenimiento ritmos circadianos estables con pautas como el sueño o apetito, pilares básicos en la recuperación del atleta para la siguiente etapa.

Además el cortisol y testosterona también se ven modificados, decreciendo ambos, si consideramos las funciones de anabolismo y catabolismo de cada hormona, es necesario controlar su evolución, o al menos tener en cuenta la posible disminución de los niveles en sangre y como el ciclista puede mitigar o evitar un descenso brusco que rompa con la homeostasis de su organismo.

**Lucía et al, 2003**, aporta la recogida de datos de un estudio de caso, sobre un ciclista participante en las tres grandes vueltas por etapas del ciclismo.

Las aportaciones del estudio nos muestran la mayor inversión de tiempo total en intensidades por debajo del primer umbral ventilatorio, mientras que las intensidades máximas y submáximas son aquellas requeridas en menor medida.

En cuanto al análisis del tiempo invertido en fases de intensidad en cada etapa, vemos como; dependiendo del tipo de etapa, se diferencia notablemente. Un ejemplo es en el caso de las contrarrelojes, en las cuales podemos ver como casi todo el tiempo invertido se encuentra en fase 2 y fase 3, mientras que la fase 1 es inexistente. Ello evidencia los diferentes requerimientos dependiendo del tipo de etapa y de la especialización del ciclista.

Por último **Padilla et al, 2008**, muestran una diferenciación en función de las características del tipo de etapa; dependiendo de la duración y pendiente de los segmentos de carrera encontramos; etapas montañosas y no montañosas, además, la distancia de los segmentos montañosos es menor que la de los segmentos sin pasos montañosos.

La velocidad de ascensión en el estudio fue menor en no pasos montañosos con respecto a pasos montañosos de 1ª y de 2ª. Lo cual puede ser explicado por las diferentes funciones de los ciclistas en cada etapa.

Las variables fisiológicas registradas dependiendo de la clasificación por etapas muestran que:

La frecuencia cardiaca (HR) durante los “No pasos montañosos” y los “Pasos montañosos de primera” es más alta que en pasos de segunda, y encontramos diferencias significativas entre la puntuación en “Pasos de segunda” con respecto a primera.

Los porcentajes de tiempo en umbrales del ciclista se varían dependiendo del tipo de etapa, con diferencias significativas, lo que evidencia las diferentes exigencias fisiológicas dependiendo de las características y dificultad de las etapas.

El porcentaje de potencia estimada en los pasos montañosos de 1ª es significativamente diferente con respecto a los de 2ª ( $p < 0,001$ ).

Como vemos, se infiere que todas las variables en cuanto a las demandas fisiológicas pueden variar dependiendo del rol dentro del equipo del ciclista, sus objetivos en la etapa y sus propósitos en la competición. Es por ello que sea preciso tener en cuenta; el proceso en marca de pautas en la regulación del esfuerzo a lo largo de los días, el análisis de las etapas y los roles con el resto de compañeros de equipo para así desarrollar estrategias a preparar ante el desarrollo de este tipo de competiciones que proporcionen la consecución del rendimiento final.

## **5. CONCLUSIONES**

Como vemos la bibliografía a cerca de las carreras por etapas es bastante reducida pero se focaliza en intentar comprender los cambios fisiológicos dados en el organismo del ciclista.

En los estudios revisados vemos como la investigación intenta relacionar las cargas de trabajo durante las etapas y las características de éstas con las demandas fisiológicas durante la etapa y las respuestas del organismo tras el fin de la etapa.

Tras el análisis y la puesta en conocimiento de los resultados de los diferentes estudios escogidos vemos como queda patente el gran impacto de las competiciones por etapas en el ciclista.

La bibliografía muestra como los ciclistas, que a pesar de estar entrenados en este tipo de esfuerzos, sufren de adaptaciones fisiológicas durante el desarrollo de las etapas puesto que suponen un estrés que sólo se puede reproducir mediante el mismo tipo de competiciones.

Debido a ésta única posibilidad de reproducibilidad, juega un papel importante el tipo de roles de cada ciclista dentro del equipo, así como el estado de forma en el periodo inicial de la competición.

La gran demanda día tras día de un estado óptimo del ciclista hace que en ocasiones los ciclistas más indicados por sus cualidades fisiológicas para pruebas de un solo día, que serían favoritos para ganar, queden descartados en las carreras por etapas puesto que se requiere de una gran adaptación óptima a los estímulos de cada etapa y durante el transcurso de toda la prueba.

Así pues, hemos visto como existen diferencias en las demandas fisiológicas dependiendo del tipo de etapa por lo que ello define los distintos requerimientos fisiológicos dependiendo del terreno a atravesar por los ciclistas. Este fenómeno evidencia las diferentes funciones de los ciclistas dentro de un mismo equipo y como su preparación, debe ir enfocada a la especificidad de las labores a desempeñar, siempre acorde a sus objetivos en cuanto a su presencia pruebas por etapas.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

### Por orden de aparición

- [1] Padilla, S., Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. and Goiriena, J. (2007). Exercise intensity and load during uphill cycling in professional 3-week races. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), pp.431-438.
- [2] Hopker, J., Jobson, S. (2012). *Performance Cycling: The Science of Success*. A&C Black.
- [3] Lucía, A., Hoyos, J., Chicharro, J. L. (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, 31(5), 325-337.
- [4] McCole, S. D., Claney, K., Conte, J. C., Anderson, R., Hagberg, J. M. (1990). Energy expenditure during bicycling. *Journal of Applied Physiology*, 68(2), 748-753.
- [5] Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C. P., Chicharro, J. L. (2003). Giro, Tour, and Vuelta in the same season. *British journal of sports medicine*, 37(5), 457-459.
- [6] Swain, D. P. (1994). The influence of body mass in endurance bicycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(1), 58-63.
- [7] Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C. P., Chicharro, J. L. (2003). Giro, Tour, and Vuelta in the same season. *British journal of sports medicine*, 37(5), 457-459.
- [8] Garcia-Roves, P. M., Terrados, N., Fernandez, S. F., Patterson, A. M. (1998). Macronutrients intake of top level cyclists during continuous competition-change in the feeding pattern. *International journal of sports medicine*, 19(01), 61-67.
- [9] Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. *Physiological testing of elite athletes*, 403-424.



- [10] Atkinson, G., Drust, B., Reilly, T., Waterhouse, J. (2003). The relevance of melatonin to sports medicine and science. *Sports Medicine*, 33(11), 809-831.
- [11] Anderson, T., Lane, A. R., Hackney, A. C. (2016). Cortisol and testosterone dynamics following exhaustive endurance exercise. *European journal of applied physiology*, 1-7.
- [12] Wheeler, G. D., Singh, M., Pierce, W. D., Epling, W. F., Cumming, D. C. (1991). Endurance Training Decreases Serum Testosterone Levels in Men without Change in Luteinizing Hormone Pulsatile Release. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 72(2), 422-425.

### Otros

Santalla, A., Earnest, C., Marroyo, J. A., & Lucia, A. (2012). The tour de France: A physiological review. *International journal of sports physiology and performance*, 7(3), 200-209.

Lucía, A., Diaz, B., Hoyos, J., Fernandez, C., Villa, G., Bandres, F., Chicharro, J. L. (2001). Hormone levels of world class cyclists during the Tour of Spain stage race. *British Journal of Sports Medicine*, 35(6), 424-430.