



universidad
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE

Curso Académico 2016/2017

VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA AERÓBICA EN
CICLISMO: TEST CONTINUO EN RAMPA VS TEST
INTERVÁLICO

Assessment of the aerobic physical condition in cycling:

Continuous test in ramp vs Interval test

Autor: David Puertas Pedroso

Tutor: José Gerardo Villa Vicente

Fecha: 4/12/2016

VºBº TUTOR

VºBº AUTOR

ÍNDICE:

RESUMEN	3
1-INTRODUCCIÓN	4
• Capacidad aeróbica: VO ₂ máx.:	5
• Resistencia aeróbica: Umbral anaeróbico y umbral aeróbico	5
• Economía y eficiencia	5
• Composición corporal	6
1,2-VALORACION DE LA CONDICION FISICA AERÓBICA EN EL CICLISMO.....	6
• Protocolos de valoración de la capacidad / resistencia aeróbica	6
• Metodología de determinación de los umbrales	7
• Valoración de la composición corporal.....	11
2-OBJETIVOS.....	11
3-METODOLOGÍA.....	12
4-RESULTADOS	15
5-DISCUSIÓN.....	21
6-CONCLUSIONES	25
7-FUTURAS VÍAS DE INVESTIGACIÓN	26
8-BIBLIOGRAFÍA.....	27

RESUMEN:

En el ciclismo es de gran importancia realizar una valoración funcional que mida los diferentes parámetros de rendimiento (capacidad aeróbica, resistencia aeróbica, composición corporal etc.). La revisión bibliográfica considera al ciclismo en ruta como un esfuerzo cíclico y continuo que requiere de una alta capacidad aeróbica, y su valoración se fundamenta en test continuos, progresivos y máximos, si bien en su rendimiento son relevantes los esfuerzos intermitentes a alta intensidad. El objetivo ha sido identificar mediante un test continuo en rampa en cicloergómetro los parámetros relevantes en su rendimiento (capacidad y resistencia aeróbica) y compararlos con la realización de un test interválico. Los resultados muestran que en los 16 ciclistas de competición en ruta participantes no se encontraron diferencias significativas entre éstos dos protocolos en la medición consumo máximo de oxígeno ni en la identificación de los parámetros submáximos indicadores del umbral anaeróbico y aeróbico, como tampoco en la recuperación a los mismos. No obstante, el test interválico aporta mayor información sobre la recuperación a esfuerzos a las diferentes intensidades. En conclusión, ambos test son válidos para medir los parámetros de rendimiento en el ciclismo.

Palabras clave: Ciclismo, capacidad aeróbica (VO_2 máx), resistencia, umbral anaeróbico, test, recuperación, rendimiento.

ABSTRACT

In cycling it is very important to do a functional assessment that measures different performance parameters (aerobic capacity, aerobic endurance, economy, efficiency, body composition, etc.). There are different protocols and methodologies for do this assessment and determine and identify the different parameters that determine their sport performance. The bibliographic review considers cycling in route as a cyclical and continuous effort that requires a high aerobic capacity, and its evaluation is based on continuous, progressive and maximum tests, although in its performance the intermittent high intensity efforts are relevant. The objective was to identify the relevant parameters in their performance (capacity and aerobic resistance) and to compare them with the performance of an interval test. The results show that no significant differences were found between the two protocols in the measurement of the maximum oxygen consumption nor in the identification of the indicative submaximal parameters of the anaerobic and aerobic threshold, nor in the recovery to them nor in any of the submaximal stages that integrate both protocols. However, the interval test provides more information on the recovery to efforts at different intensities. In conclusion, both tests are valid for measuring performance parameters in cycling

Key words: Cycling, aerobic capacity (VO_2 máx), endurance, anaerobic threshold, test, recovery, performance

1-INTRODUCCIÓN

En el deporte y especialmente en deportes individuales es esencial realizar una valoración de la condición física mediante test que evalúen su rendimiento, y a ser posible de forma directa, ya que ésta en función del objetivo que se busque puede tener grandes utilidades, como la planificación, programación y control del entrenamiento, detección de talentos etc. Es necesario que las pruebas o test a realizar tengan validez y fiabilidad ya que sino no serían de utilidad. (Anta, 2006).

Sin embargo, existen numerosos protocolos para realizar éstas pruebas, así como distintos métodos para valorar los diferentes parámetros. En un deporte como el ciclismo, los parámetros más relevantes que se deben medir para analizar el rendimiento son los relacionados con la capacidad aeróbica (cuyo indicador es el consumo máximo de oxígeno o $VO_2\text{máx}$) y la resistencia aeróbica (cuyo indicador es el umbral anaeróbico). (Faria, et al., 2015).

La mayor parte de las investigaciones utilizan protocolos continuos en los que se sube la intensidad progresivamente sin descanso hasta el máximo; sin embargo, según Park, Brienman, Cooke, Cordova y Fogt (2014). la mayor parte de los protocolos continuos pueden no tienen la suficiente duración para permitir un equilibrio simpático adecuado, ya que las respuestas de control aferentes y eferentes son más dinámicas durante la respuesta inicial al ejercicio. Por lo tanto, en protocolos continuos es probable que las respuestas iniciales al ejercicio se arrastren a lo largo de la prueba y se podría producir una fatiga prematura. Por otro lado, en protocolos discontinuos las etapas más largas y los periodos de descanso permiten un mayor equilibrio y por tanto son más fiables. En cambio, otros estudios como el realizado por Simoes et al. (2014) muestran la fiabilidad de protocolos continuos.

Por lo tanto, es oportuno para la investigación en el mundo de la actividad física y del deporte obtener más información acerca de que protocolo es más óptimo para valorar los diferentes parámetros de la condición física, ya que en función de éstos resultados habrá diferencias en los programas de entrenamiento o a la hora de valorar el rendimiento del deportista.

1.1-FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO EN EL CICLISMO

✚ Capacidad aeróbica: VO₂máx

Es la capacidad del organismo para captar, transportar y utilizar el oxígeno, y es considerado como un indicador del nivel del deportista, estando determinado en gran parte genéticamente (Anta, 2006). Sin embargo, en el alto nivel un mayor VO₂máx no garantiza un mayor rendimiento, ya que el consumo máximo de oxígeno de forma aislada no es un buen predictor del rendimiento cuando se comparan deportistas o ciclistas de similar nivel (Faria et al., 2015). El rendimiento no depende tanto del VO₂máx sino del porcentaje del VO₂máx donde se alcanza el umbral anaeróbico; de hecho un estudio realizado con atletas de fondo muestra que éstos tenían mejores valores de VO₂máx que los velocistas (Subiela et al., 2007).

✚ Resistencia aeróbica: Umbral aeróbico y umbral anaeróbico

- Umbral aeróbico: Es la intensidad a partir de la cual el metabolismo anaeróbico empieza a participar como vía energética adicional. En esta intensidad la concentración de lactato es de unos 2mmol. En sujetos entrenados se identifica en torno al 65 - 75 % del VO₂máx (Pallares et al., 2016).
- Umbral anaeróbico: Es la intensidad a partir de la cual se dispara la concentración de lactato en sangre, así como la ventilación aumenta desproporcionadamente en comparación con el consumo de oxígeno. Por lo tanto, cuanto mayor sea esta intensidad a la que se encuentra el umbral, mejor rendimiento. En sujetos entrenados se identifica en torno al 75-95 % del VO₂máx (Pallares et al., 2016). Un alto umbral anaeróbico es una gran ventaja en el ciclismo ya que permite mantener una alta intensidad sin acumular lactato, lo que es de gran utilidad en éste deporte con ascensos de 30-60 min de duración (Faria et al., 2015).

✚ Economía y eficiencia

La economía es la medida de consumo de oxígeno (VO₂) por unidad de potencia, es decir la relación entre el rendimiento en el ejercicio y el consumo de energía para conseguir ese rendimiento. Por tanto, cuánto mejor economía mayor rendimiento (Baker ,2002).

En cuanto a eficiencia es el aprovechamiento que el organismo hace de la energía acumulada, una buena eficiencia mecánica en el ciclismo tiene una gran influencia en el deportista. No toda la energía que entra en el cuerpo se utiliza para la producción de energía, mucha es malgastada o perdida en forma de calor. Se expresa como

porcentaje de la energía total gastado para producir una energía externa (Baker, 2002). Según Faria et al. (2015) un mayor porcentaje de fibras tipo I se relaciona con un menor coste de oxígeno submáximo. Por tanto, a mayor porcentaje de fibras tipo I mayor rendimiento en un deporte de resistencia.

Composición corporal

La composición corporal es un elemento importante en el rendimiento del ciclista, debido al tipo de ejercicio requiere un biotipo denominado ectomorfo, con un peso corporal que tiene que ser bajo para una mayor potencia relativa y acompañarse de un bajo porcentaje de grasa corporal. En función de la especialidad del ciclista la composición corporal debe ser diferente: así los escaladores tienen que tener un menor peso, ya que este influye más cuanto mayor es la pendiente; mientras que los rodadores serán más corpulentos y pesados, pero desarrollarán mayores potencias absolutas en el llano. (Martínez, 2007).

1.2-VALORACION DE LA CONDICION FISICA AERÓBICA EN EL CICLISMO

Protocolos de valoración de la capacidad / resistencia aeróbica

Existen diferentes pruebas y metodologías óptimas para valorar la condición física de los deportistas. En ciclistas el protocolo se debe elegir en función de los objetivos de la valoración.

➤ Directos/Indirectos:

Tanto por métodos directos como indirectos se pueden medir los diferentes parámetros de la condición física: consumo de oxígeno (VO_2): umbral aeróbico ventilatorio (VT1) o láctico (2 mmol/l): umbral anaeróbico ventilatorio (VT2) o láctico (4 mmol/l), potencia o vatios movilizados (W). Su determinación por métodos directos tiene ciertas condiciones como el coste de los aparatos (analizador de gases, potenciómetro etc.), incomodidad de los sistemas, etc.; por tanto, hay numerosas fórmulas para calcular estos parámetros de forma indirecta, sin embargo, estos métodos tienen menor fiabilidad (Koutlianos et al. ,2013).

➤ Continuos / Discontinuos

En los protocolos continuos no hay periodos de descanso dentro de la prueba, normalmente son progresivos subiendo la intensidad continuamente sin recuperación, con estadios de 1-2 minutos de duración. Cuando durante el propio

estadio de 1 min se va incrementando progresivamente la intensidad, reciben la denominación de protocolos en rampa. Por otro lado, en los protocolos discontinuos dentro de la misma prueba existen periodos de recuperación tras los cuales continua la prueba, la duración de, este periodo de descanso varía en función del tipo de prueba (Park et al., 2014).

No hay diferencia entre los criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo continuas y discontinuas, si bien en los test continuos se produce con mayor frecuencia la meseta en el VO_2 ; mientras que esto no ocurre en los protocolos intermitentes donde es más frecuente observar cocientes respiratorios (CR) $>1,15$ y frecuencias cardiacas (FC) mayores al 95% de la FC máxima teórica (Casajús, Piedrahita y Aragonés, 2009).

➤ Máximos/Submáximos

En función de las capacidades del deportista se puede realizar una prueba de esfuerzo hasta el agotamiento (máxima) o sin embargo si las capacidades del deportista no permiten a éste realizar un esfuerzo máximo sería de gran utilidad una prueba submáxima en la que se estimarán los valores máximos. Las pruebas submáximas se pueden realizar con independencia de competiciones y entrenamientos ya que producen menor fatiga, y su validez frente a pruebas máximas ha sido comprobada, aunque tendrán menor exactitud (Nikolaidis, 2015).

➤ Campo/ Laboratorio

En función de los objetivos de la valoración será más óptimo un test de laboratorio o un test de campo. Si el objetivo es medir con fiabilidad los diferentes variables y parámetros fisiológicos es más óptimo un test de laboratorio, sin embargo, en ciertos deportes es preciso realizar test más específicos que midan parámetros más sensibles a la dinámica del entrenamiento (Vaquera et al., 2007).

 **Metodologías de determinación de los umbrales:**

➤ Metodología ventilatoria

Esta metodología es la más eficaz a la hora de determinar tanto el umbral anaeróbico como el aeróbico; y se basa en el análisis de los gases espirados y aspirados (O_2 y CO_2) en función de la intensidad del ejercicio; siendo el mayor inconveniente de éste procedimiento el coste, ya que es necesario un analizador de gases, y el requerir de personal especializado en su manejo e interpretación,

además de su menor disponibilidad. (Faria et al., 2015). Para su identificación se utilizan criterios estandarizados que requieren del análisis de varias graficas que representan la relación entre la cinética de estos gases y parámetros derivados con las diferentes intensidades de esfuerzo realizadas hasta el máximo (Subiela et al., 2007).

❖ Umbral ventilatorio aeróbico (VT1):

Para localizar este umbral se analiza el equivalente ventilatorio del oxígeno (VE/VO_2) en el punto donde éste se dispara se localiza el umbral ventilatorio aeróbico (VT1) (Figura 1). También se analiza la cinética de la presión parcial de oxígeno al final de la espiración (PET_{O_2}), y en el punto donde empieza aumentar se encuentra el umbral aeróbico. En la intensidad del umbral aeróbico deben de permanecer invariables el equivalente ventilatorio del dióxido de carbono (VE/VCO_2) y la presión parcial del bióxido de carbono al final de espiración (PET_{CO_2}). (Subiela et al., 2007).

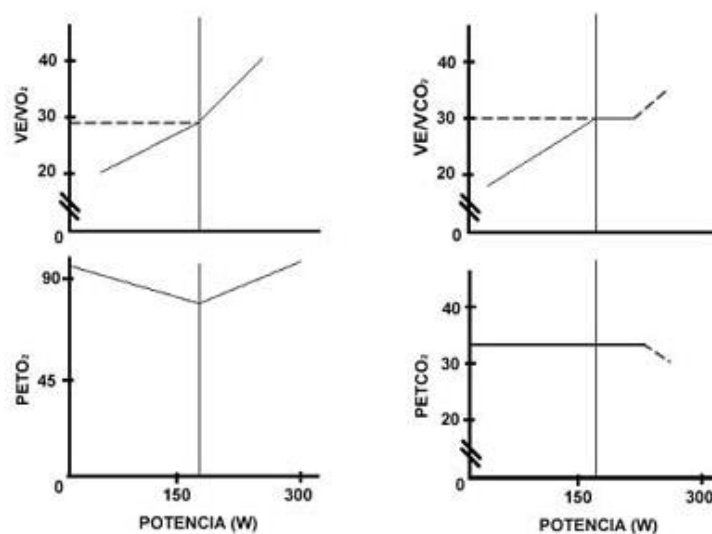


Figura 1: Criterios utilizados para identificar el umbral ventilatorio aeróbico (VT1) según Subiela et al. (2007).

❖ Umbral ventilatorio anaeróbico (VT2)

La relación entre el consumo de oxígeno consumido y el volumen de dióxido de carbono eliminado en el momento que la pendiente del VCO_2 aumenta, indica el umbral anaeróbico. En la relación entre vatios (w) y ventilación (VE), a la intensidad en la que la ventilación se dispara, es decir que se rompe la relación lineal, se identifica el umbral anaeróbico VT2. (Figura 2). El equivalente

ventilatorio para el oxígeno (VE/VO_2) aumenta en el VT2, así como el equivalente ventilatorio para el CO_2 (VE/VCO_2) también se incrementa en ese punto. La presión del oxígeno al final de la espiración ($PETO_2$) continúa aumentando en el VT2, en cambio la presión de dióxido de carbono al final de la espiración ($PETCO_2$) disminuye. (Subiela et al., 2007).

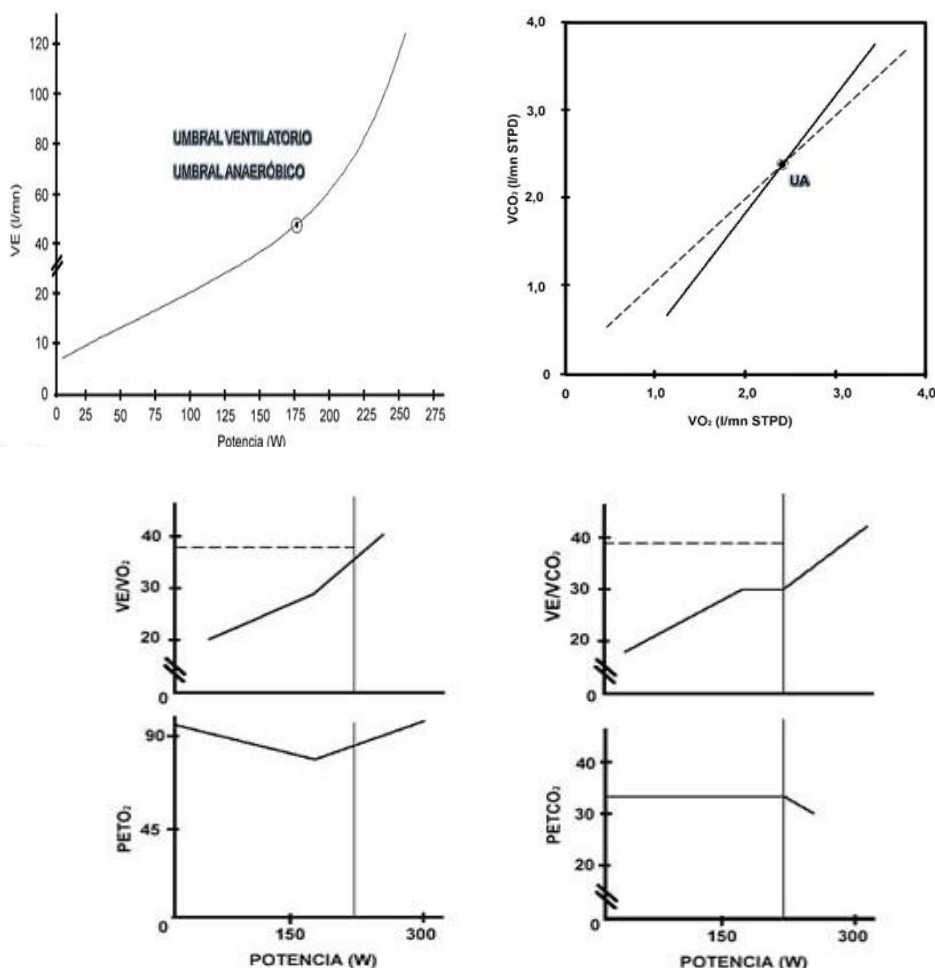


Figura-2: Criterios utilizados para determinar el umbral ventilatorio anaeróbico VT2 según Subiela et al. (2007).

➤ Metodología utilizando la frecuencia cardiaca

A pesar de ser un parámetro que puede variar mucho por diferentes factores tanto físicos como psicológicos, se puede utilizar para identificar el umbral anaeróbico, siendo la mayor ventaja de esta metodología que es más económico y sencillo. (Park et al., 2014). Esta metodología analiza la curva de la frecuencia cardiaca a medida que aumenta la intensidad del ejercicio para detectar el umbral anaeróbico que se localiza en el punto de deflexión de la FC (Conconi et al., 1996) (Figura 3).

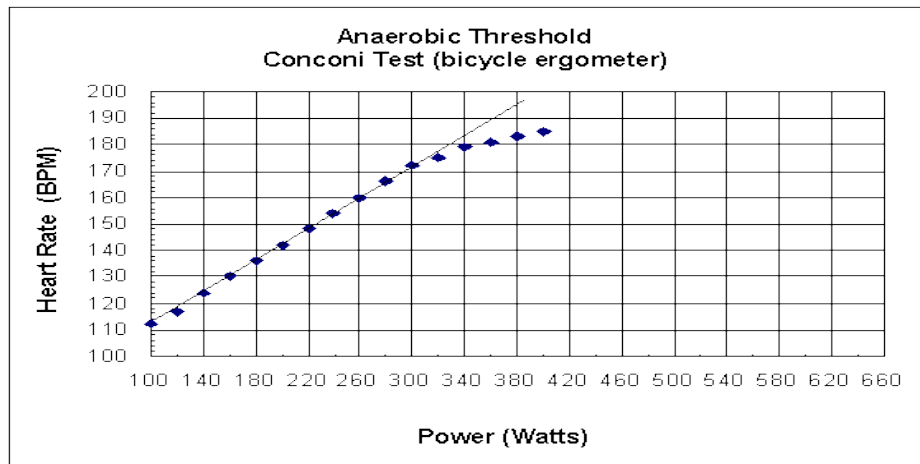


Figura 3: Relación entre frecuencia cardíaca e intensidad para identificar el umbral anaeróbico según Conconi et al. (1996).

➤ Metodología midiendo el lactato en sangre:

La medida del lactato en sangre es un método utilizado para determinar los umbrales del esfuerzo. En los últimos años se han desarrollado técnicas cada vez más sencillas y baratas, que incluso se pueden utilizar en test específicos de campo. Esta metodología mide el incremento en la producción de lactato en sangre a medida que aumenta la intensidad de esfuerzo para determinar los umbrales (Pallares et al., 2016).

Estudios como el de Pallares et al. (2016) muestran como los umbrales determinados mediante la medición del lactato son una alternativa válida y fiable.

➤ Metodología analizando la capacidad para hablar durante el ejercicio (Talk Test)

Esta metodología se basa en analizar la habilidad para hablar cuando hacemos ejercicios. En la actualidad éste tipo de test se realiza narrando un párrafo durante los últimos 30 segundos de las diferentes intensidades de ejercicio, existiendo tres opciones: 1.- puedo hablar bien, 2.- puedo hablar, 3.- no puedo hablar comfortable. El umbral aeróbico se localiza en el último escalón en el cual el hablar está en la opción 1, y el umbral anaeróbico se localiza en el primer escalón en el que el hablar está en la opción 3 (Jeans, Foster, Pancani, Gibson y Doberstein, 2011). Varios estudios como el de Loose et al. (2012) muestran que este tipo de metodología es válida para localizar los umbrales.

Valoración de la composición corporal

Los métodos que se utilizan para medir la composición corporal en ciclistas son indirectos y doblemente indirectos. Los más utilizados son los siguientes:

- **Densitometría ósea:** Es una técnica indirecta que se basa en la absorción variable de los rayos X por los diferentes componentes del organismo (Lorente et al., 2012).
- **Antropometría:** Es un método doblemente indirecto, que es de los más utilizados en el ciclismo por su sencillez. Mide pliegues cutáneos, diámetros óseos, perímetros corporales, peso, talla etc. con instrumentos como adipómetros o plicómetros, paquímetros y cintas métricas (Sigcho,2015).
- **Impedancia bioeléctrica:** Estudia la composición corporal en función de la resistencia a la conductividad del agua del cuerpo, ya que ésta cambia según la distinta composición de las zonas corporales. Permite valorar la masa grasa y masa libre de grasa, porcentaje de agua corporal, global o en los diferentes segmentos corporales, siendo un método válido y fiable (Martin, Gómez y Antoranz, 2001).

2-OBJETIVOS

Tras la revisión bibliográfica, la mayor parte de los estudios que valoran la condición física en los ciclistas utilizan test continuos en rampa en cicloergómetro, siendo muy pocos los artículos que comparan la validez de los test continuos frente a los discontinuos. Un planteamiento inicial para este estudio fue valorar la condición física en ciclistas antes y después de un programa de entrenamiento; sin embargo, tras encontrar varios estudios sobre ello y muy pocos que comparan la validez de los diferentes tipos de test, planteé el comparar entre los test continuos y discontinuos, con los siguientes objetivos:

Objetivo principal: analizar si los diferentes protocolos utilizados (continuo en rampa e interválico) son válidos para la medición de los diferentes parámetros de rendimiento en el ciclismo.

Objetivos específicos: valorar las posibles diferencias en los test en la capacidad aeróbica (cuyo indicador es el consumo máximo de oxígeno), y en la resistencia aeróbica (cuyo indicador es el umbral anaeróbico), además de en el umbral aeróbico y en la recuperación al esfuerzo.

3-METODOLOGÍA

Sujetos

16 ciclistas mayores de 18 años que compiten en ciclismo de carretera en las categorías de profesional-continental y elite-sub23. Realizan una media de 15000 km anuales, con alrededor de 40 competiciones por temporada. Todos ellos realizaron las pruebas en periodo no competitivo en un proceso de entrenamiento controlado por su entrenador. Tras explicación de los test y objeto del estudio, todos firmaron el preceptivo consentimiento informado del laboratorio para participar en el estudio.

Material

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de valoración de la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento del grupo de investigación VALFIS, ubicado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. Este laboratorio dispone de:

- Cicloergómetro Cyclus 2 de HP-Cosmos® de altas prestaciones (Figura 4) que permite la utilización de la propia bicicleta del ciclista, y que dispone de un panel de control que nos permite programar los diferentes protocolos de las diferentes pruebas.
- Analizador de gases (Medisoft®) (Figura 5) que permite medir el consumo de oxígeno, dióxido de carbono, ventilación, la presión de oxígeno al final de la espiración, la presión de dióxido de carbono al final de la espiración etc. Este analiza los gases de manera un modo continuo (breath-by-breath o respiración a respiración). El equipo es calibrado antes de la realización de cada uno de los test a realizar.
- Electrocardiógrafo (Medcar®) (Figura 5) que permite monitorizar la actividad eléctrica del corazón, detectada mediante 10 electrodos colocados en el cuerpo.
- Pulsómetro Polar (RS800®) (Figura 5) que medía la frecuencia cardiaca latido a latido y permitía comprobar su correcto registro con el del electrocardiógrafo
- Báscula de bioimpedancia (Tanita BC-418A®) que permite medir la composición corporal a través de las propiedades eléctricas del cuerpo humano.
- Tallímetro (Seca®) que permite medir con gran precisión la talla del sujeto.



Figura 4: Cicloergómetro Cyclus 2 utilizado para realizar los test.

Métodos: diseño experimental

Los sujetos fueron instruidos para evitar ejercicio intenso las 48 horas anteriores, se les dio orientación de cómo debía ser la alimentación previa a la realización de los test, y se les citó en un mismo marco horario para evitar posibles influencias circadianas, además de controlarse la temperatura y la humedad del laboratorio para realizarlos en condiciones estándares.

Procedimiento:

A todos los ciclistas se les realizó primero una bioimpedancia, únicamente con el culotte y descalzos y tras haber orinado (Martin et al., 2001). Posteriormente se procedía a colocarse tanto la banda pectoral del pulsómetro como los 12 electrodos para su monitorización electrocardiográfica. Los 16 ciclistas realizaron un calentamiento previo a los 2 test sobre su propia bicicleta acoplada y ajustada al cicloergómetro Cyclus-2, cuando llevaban más de 3000 km de entrenamiento.

Tras un periodo de calentamiento de 10 minutos estandarizado, consistente en pedalear con desarrollo y cadencia libre a una frecuencia cardiaca entre 120 y 140 ppm, se les realizó aleatoriamente o bien una prueba progresiva continua en rampa o bien un test interválico, dejando entre ellos un periodo de más de 20 min para obtener una recuperación completa. En el test continua en rampa se comenzaba a 75 w de potencia y se iba aumentando 25 W cada minuto hasta llegar a la máxima potencia posible. El desarrollo debía elegirse durante el calentamiento, pues durante la prueba no se podía cambiar el mismo con el objeto de que la potencia no variara. Tampoco se dejaba ponerse de pie durante el desarrollo del test, requiriéndoles que en todo momento mantuvieran la postura de sentado en su bicicleta. Cada minuto, al finalizar cada estadio de esfuerzo, se procedía a registrar la cadencia de pedaleo y a anotar su percepción subjetiva del esfuerzo (escala de Borg de 0 a 10) (tras un lenguaje de

signos previamente convenido). Durante toda la prueba se monitorizaba continuamente la frecuencia cardiaca y la cinética del intercambio gaseoso y la ventilación, y todos los parámetros derivados de ellos, hasta llegar al agotamiento, momento en el cual el ciclista no podía mantener la cadencia de pedaleo que utilizaba durante toda la prueba. Se utilizaron como criterios de maximalidad el cumplir al menos 3 de los siguientes 4 criterios (Casajus et al., 2009) el obtener una meseta en el VO_2 máx, alcanzar más del 95% de la FC máxima teórica, el superar un $QR > 1,1$ y el tener una percepción de esfuerzo de 10. Tras finalizar el esfuerzo se procedía a seguir monitorizando la recuperación durante 3 minutos con una resistencia constante de 100 W y una cadencia de pedaleo entorno a las 40-50 rpm, de forma que se registraba cada 30 segundos la percepción de recuperación (Escala TQR de 6 a 20) (Kentta y Hassmén, 1998).

El test discontinuo, progresivo y maximal atiende a una metodología de test interválicos que valoran la resistencia específica (Vaquera et al, 2007). Se inicia a una potencia de 100 w y se realizaban estadios o intervalos de esfuerzo de 1 minuto y 15 segundos a un desarrollo fijo para todos los estadios de esfuerzos, y tras completar el estadio se realizaba una recuperación de 30 segundos con cadencia libre y modificando a un desarrollo 3 veces más liviano: Cada estadio incrementa 25 w, de forma que la resistencia en la recuperación se realizaba con 50 w y 75 w en el primer y segundo estadio respectivamente y manteniéndose en 100 w a partir del tercero. Se monitorizaba continuamente la frecuencia cardiaca y la cinética de gases, y al finalizar cada estadio se registraba la cadencia de pedaleo y la percepción subjetiva de esfuerzo (escala de Borg de 0-10). Tras finalizar el esfuerzo se procedía igualmente a monitorizar la recuperación durante 30 min con el mismo desarrollo y cadencia de pedaleo en los 2 test y registrándose la cadencia de pedaleo y la escala de recuperación (TQR) (Kentta y Hassmén, 1998) cada 30 segundos de recuperación. Se utilizaron los mismos criterios de maximalidad del esfuerzo en ambos test.



Figura 5: Ciclista sub 23 realizando test en el laboratorio VALFIS de la Facultad de CAFyD de la Universidad de León.

Análisis Estadístico

Los datos fueron introducidos en una hoja Excel del paquete Microsoft Office for Windows-10, con la cual se han realizado figuras tras el tratamiento de los mismos. Para el análisis de datos se ha utilizado el programa estadístico SPSS® para Windows v.21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, Estados Unidos) con licencia de la Universidad de León. El grado de ajuste a la distribución normal de la muestra se comprobó mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, dada la naturaleza de los datos, con una muestra inferior a 30 casos; y la prueba de Levene para la igualdad entre varianzas. Puesto que las variables seguían una distribución normal, se expresaron como media y desviación estándar. La diferencia entre ellas se ha analizado mediante un test de Student para muestras independientes, considerándose diferencias significativas si la $p < 0,05$ con un intervalo de confianza del 95%, Los datos son presentados como valores medios y error estándar de la media (EEM).

4-RESULTADOS

En la tabla 1 podemos observar los valores descriptivos de los diferentes componentes de la composición corporal en los 16 ciclistas profesionales y amateurs de 23 años de media. Con un Índice de Masa Corporal (IMC) de 22.3 (peso de 67,9 kg y talla de 1.745 m), el porcentaje de masa grasa por impedanciometría es del 10,94 % y el de agua corporal del 65.22%.

Tabla 1: Antropometría y composición corporal mediante Bioimpedanciometría de ciclistas.

Ciclistas (n=16)	Media \pm EEM	Rango (mínimo-maximo)
Edad (años)	23.76 \pm 1.45	17 - 36
Talla (cm)	174.59 \pm 1.63	161 - 183
Peso (Kg)	67.9 \pm 1.79	49.3 – 80.6
IMC	22.3 \pm 0.42	19 – 25.3
Masa Libre Grasa (Kg)	61.14 \pm 1.64	41.4 – 70.5
Masa Libre Grasa (%)	87.35 \pm 2.09	56.4 – 96.2
Masa Grasa (%)	10.94 \pm 0.85	3.8 – 17.07
Agua Corporal Total (Kg)	43.99 \pm 1.19	30 - 52
Agua Corporal Total (%)	65.22 \pm 0.62	60.76 -70.47

Valores medios \pm EEM. Rango (valor mínimo – valor máximo). IMC = Índice Masa Corporal; n = número de ciclistas

En la tabla 2 se muestran los valores máximos alcanzados en los test en cicloergómetro Rampa y TIVRE. Como se puede apreciar no se encontraron diferencias significativas entre los 2 tipos de protocolos (continuo vs interválico, respectivamente) movilizand

vativos y midiéndose un consumo máximo de oxígeno de 70,94 y 72,81 ml/kg/min respectivamente (es decir, un 4,9% más de vatios y un 2,6% más de VO₂máx en el test interválico, si bien de forma no significativa).

Tabla 2: Valores máximos en test en rampa y en test TIVRE.

	Test Rampa (n=16)	Test TIVRE (n=16)	"p"
Potencia (W)	394.25 ± 10.39 (343-465)	414.06 ± 13.30 (350-500)	0.069
VO ₂ max (L/min)	5.07 ± 0.15 (3.84-6.22)	5.22 ± 0.19 (4.29 – 7.23)	0.397
VO ₂ max (ml/kg/min)	70.94 ± 3.20 (37 - 90)	72.81 ± 2.39 (51 – 93)	0.498
FCmax (ppm)	193.81 ± 2.54 (170 - 212)	194.06 ± 2.22 (171 -206)	0.596
Pulso de Oxígeno (VO ₂ /FC)	26.26 ± 0.85 (20.32 –31.57)	26.95 ± 1.02 (21.34-36.5)	0.637
Ventilación (L/min)	184.23 ± 6.68 (113-218)	187.82 ± 5.94 (141 – 241)	0.546
Volumen tidal (l)	2.86 ± 0.13 (1.97 – 3.62)	2.70 ± 0.12 (1.97-3.62)	0.819
Frecuencia respiratoria (rpm)	58.82 ± 3.04 (40-81)	63.65 ± 2.86 (49-87)	0.810
QR (VCO ₂ /VO ₂)	1.18 ± 0.19 (1.06-1.33)	1.14 ± 0.02 (0.97-1.31)	0.840
VE/VO ₂	36.13 ± 0.02 (25-44)	34.95 ± 2.3 (3-41)	0.515
Escala de Borg	10 ± 0.00 (10-10)	10 ± 0.00 (10-10)	0.989

Valores medios ±EEM y rango (valor mínimo – valor máximo). Donde W = vatios; VO₂max consumo de oxígeno máximo; FC = Frecuencia Cardíaca; QR = Cociente Respiratorio; VE/VO₂ = equivalente ventilatorio del oxígeno; ppm = pulsaciones por minuto; rpm = respiraciones por minuto; "p" = nivel de significación

Como se puede observar en la tabla 3 tampoco hubo diferencias significativas en los dos protocolos de test máximos en los parámetros correspondientes a la intensidad de esfuerzo identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (VT₂), lo alcanzaron a 330,38 W en el test Rampa y a 329,69 W en el test TIVRE, a un 82,56% y 81,88 % del VO₂máx, y a un 93.63% y 92.63% de la FC máxima, respectivamente.

Según los datos que se muestran en la tabla 4 tampoco hay ninguna diferencia significativa entre los dos protocolos de test a nivel del umbral aeróbico ventilatorio (VT₁), el cual le alcanzaron a 212,38 W en el test rampa y a 221,88 en el test TIVRE, a un 59% y un 62,37% del VO₂máx, y a un 78.19% y 80.44% de la FC máxima, respectivamente.

Tabla 3: Valores correspondientes al umbral anaeróbico ventilatorio (VT2) en el test en continuo en rampa y en el test interválico (TIVRE).

	Test Rampa (n=16)	Test TIVRE (n=16)	"p"
Potencia (W)	330.38 ± 12.29 (260-402)	329.69 ± 12,75 (275-400)	0.065
Potencia (% de Wmax)	83.5 ± 1.55 (74-97)	79.94 ± 1.15 (73-88)	0.23
VO ₂ max (L/min)	4.19 ± 0.14 (3.05 – 5.04)	4.16 ± 0.15 (2.7 – 4.97)	0.97
VO ₂ max (ml/kg/min)	60 ± 2.01 (42-72)	59.44 ± 2.17 (41-71)	0.818
VO ₂ max (% de VO ₂ max)	82.56 ± 1.48 (73-92)	81.88 ± 2.05 (63-93)	0.425
FC (ppm)	180 ± 3.15 (147-201)	178.6 ± 2.20 (155-194)	0.326
FC (% de FCmax)	93.63 ± 0.95 (86-99)	92.63 ± 0.66 (88-97)	0.182
Ventilación (L/min)	122.02 ± 6.07 (76- 162)	119.66 ± 5.69 (64-154)	0.668
Volumen tidal (l)	2.62 ± 0.12 (1.77-3.52)	2.53 ± 0.13 (1.83-3.49)	0.937
Frecuencia respiratoria (rpm)	42.81 ± 2.6 (27-59)	43.49 ± 2.62 (27-59)	0.967
QR (VCO ₂ /VO ₂)	1.05 ± 0.18 (0.91-1.15)	1.03 ± 0.19 (0.9-1.17)	0.545
VE/VO ₂	29 ± 0.95 (23 – 34)	28.5 ± 0.72 (24-33)	0.131
VE/VCO ₂	27.56 ± 0.63 (24-32)	27.81 ± 0.53 (24-33)	0.323

Valores medios ±EEM y rango (valor mínimo – valor máximo). Donde W = vatios; Wmax = vatios máximos; VO₂max consumo de oxígeno máximo; % = porcentaje; FC = Frecuencia Cardíaca; QR = Cociente Respiratorio; VE/VO₂ y VE/VCO₂ = equivalente ventilatorio del oxígeno y del dióxido de carbono; rpm = respiraciones por minuto; "p" = nivel de significación

Tabla 4: Valores correspondientes al umbral aeróbico ventilatorio (VT1) en el test en continuo en rampa y en el test interválico (TIVRE).

	Test Rampa (n=16)	Test TIVRE (n=16)	"p"
Potencia (W)	212.38 ± 9.31 (156-276)	221.88 ± 8.18 (175-275)	0.866
Potencia (% de Wmax)	53.44 ± 1.48 (45-61)	54 ± 1.03 (47-61)	0.070
VO ₂ max (L/min)	2.99 ± 0.15 (2.17-4.09)	3.19 ± 0.10 (2.69-3.9)	0.134
VO ₂ max (ml/kg/min)	42.5 ± 1.9 (31-59)	45.38 ± 1.62 (34-57)	0.681
VO ₂ max (% de VO ₂ max)	59 ± 2.36 (42-74)	62.37 ± 1.65 (52-74)	0.796
FC (ppm)	151.31 ± 2.9 (28-169)	155.5 ± 2.75 (135-174)	0.023
FC (% de FCmax)	78.19 ± 1.17 (70-87)	80.44 ± 1.084(75-88)	0.070
Ventilación (L/min)	70.20 ± 3.78 (49.3-94.8)	78.8 ± 4.2 (47.7-122.1)	0.798
Volumen tidal (l)	2.26 ± 0.10 (1.70-3.10)	2.18 ± 0.12(1.68-3.08)	0.710
Frecuencia respiratoria (rpm)	28.53 ± 1.42 (21.1-40.4)	33.37 ± 1.91 (23.1-51.4)	0.267
QR (VCO ₂ /VO ₂)	0.892 ± 0.01(0.8-1.0)	0.917 ± 0.189 (0.8-1.1)	0.073
VE/VO ₂	23.44 ± 0.398 (20-25)	24.94 ± 0.655 (21-32)	0.338
VE/VCO ₂	26.38 ± 0.364 (24-29)	27.06 ± 0.551(23-31)	0.211

Valores medios ±EEM y rango (valor mínimo – valor máximo). Donde W = vatios; Wmax = vatios máximos; VO₂max consumo de oxígeno máximo; % = porcentaje; FC = Frecuencia Cardíaca; QR = Cociente Respiratorio; VE/VO₂ y VE/VCO₂ = equivalente ventilatorio del oxígeno y del dióxido de carbono; rpm = respiraciones por minuto; "p" = nivel de significación

Tabla 5: Frecuencia cardiaca de recuperación durante 3 minutos en el test en rampa y en el test TIVRE.

	Test Rampa (n=16)	Test TIVRE (n=16)	"p"
FCrec 0,5min (ppm)	180.39 ± 2.34	177.82 ± 2.82	0.676
FCrec 0,5min (% de FCmax)	6.93 ± 0.61	8.33 ± 0.99	0.093
FCrec 1min (ppm)	167.06 ± 3.13	163.47 ± 2.93	0.482
FCrec 1min (% de FCmax)	13.85 ± 1.11	15.70 ± 1.26	0.504
FCrec 1,5min (ppm)	155.11 ± 3.78	153.29 ± 2.76	0.042
FCrec 1,5min (% de FCmax)	20.03 ± 1.55	20.95 ± 1.12	0.151
FCrec 2min (ppm)	147.06 ± 3.93	145.71 ± 3.06	0.132
FCrec 2min (% de FCmax)	24.18 ± 1.67	24.85 ± 1.38	0.229
FCrec 2,5min (ppm)	140.56 ± 4.01	140.18 ± 3.19	0.172
FCrec 2,5min (% de FCmax)	27.55 ± 1.72	27.71 ± 1.46	0.387
FCrec 3min (ppm)	136.67 ± 4.06	136.94 ± 3.12	0.145
FCrec 3min (% de FCmax)	29.56 ± 1.76	29.37 ± 1.46	0.396

Valores medios ±EEM. Donde FCrec = Frecuencia Cardiaca de recuperación; % = porcentaje; FCmax = frecuencia Cardiaca Máxima; prpm = pulsaciones por minuto; "p" = nivel de significación

En la tabla 5 se muestran la frecuencia cardiaca y los porcentajes de recuperación tras los dos test, sin que de nuevo se observe que haya diferencias significativas en la recuperación de esta, con una media de recuperación del 13,85% y 15,7% al 1º minuto, del 24.18% y 24.85% al 2º minuto, y del 29,56% y 29,37% al 3º min de recuperación en el protocolo en continuo e interválico respectivamente.; es decir diferencias significativas del 1.85%, 0.7% y - 0.19% para el test interválico a los 1, 2 y 3 minutos de recuperación.

En la tabla 6 se compara la frecuencia cardiaca y la percepción del esfuerzo en los diferentes estadios que integran tanto el test continuo en rampa como el test interválico TIVRE, y se puede observar que tampoco existen diferencias significativas en la frecuencia cardiaca y la percepción subjetiva de esfuerzo en cada potencia de esfuerzo en función del tipo de protocolo.

En la figura 6 se representa la media del porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en cada uno de los diferentes estadios del test interválico TIVRE. La media de recuperación de la frecuencia cardiaca de todos los periodos de recuperación fue del 7,95% de la frecuencia cardiaca.

Tabla 6: Frecuencia cardiaca y Percepción de Esfuerzo (escala de Borg de 0-10) en el test en rampa y en el test TIVRE.

Potencia (W)		Test Rampa (n=16)	Test TIVRE (n=16)	"p"
100 W	FC (ppm)	118.89 ± 2.99	122.00 ± 2.91	0.897
	FC (% de FCmax)	61.35 ± 1.42	61.76 ± 1.45	0.934
	Escala de Borg	1.00 ± 0.13	1.03 ± 0.13	0.947
125 W	FC (ppm)	124.72 ± 3.27	128.65 ± 2.96	0.655
	FC (% de FCmax)	64.36 ± 1.56	66.38 ± 1.51	0.877
	Escala de Borg	1.56 ± 0.21	1.26 ± 0.14	0.063
150 W	FC (ppm)	131.67 ± 3.37	136.47 ± 3.05	0.542
	FC (% de FCmax)	67.93 ± 1.58	70.38 ± 1.45	0.544
	Escala de Borg	2.11 ± 0.87	2.09 ± 0.22	0.926
175 W	FC (ppm)	139.33 ± 3.65	144.41 ± 3.33	0.517
	FC (% de FCmax)	71.87 ± 1.69	74.47 ± 1.55	0.493
	Escala de Borg	2.81 ± 0.28	2.79 ± 0.28	0.793
200 W	FC (ppm)	147.72 ± 3.44	152.06 ± 3.39	0.608
	FC (% de FCmax)	76.19 ± 1.51	78.39 ± 1.51	0.557
	Escala de Borg	3.58 ± 0.31	3.62 ± 0.27	0.398
225W	FC(ppm)	154.89 ± 3.78	158.82 ± 3.49	0.484
	FC (% de FCmax)	79.88 ± 1.66	81.85 ± 1.45	0.347
	Escala de Borg	4.42 ± 0.35	4.44 ± 0.32	0.626
250W	FC(ppm)	161.44 ± 3.73	165.29 ± 3.42	0.392
	FC (% de FCmax)	83.26 ± 1.60	85.18 ± 1.37	0.405
	Escala de Borg	5.06 ± 0.41	5.21 ± 0.40	0.900
275 W	FC (ppm)	168.56 ± 3.46	168.75 ± 2.99	0.324
	FC (% de FCmax)	86.91 ± 1.35	87.06 ± 1.02	0.220
	Escala de Borg	5.59 ± 0.37	5.82 ± 0.43	0.777
300 W	FC (ppm)	174 ± 3.39	173.75 ± 3.03	0.402
	FC (% de FCmax)	89.68 ± 1.11	89.63 ± 0.98	0.449
	Escala de Borg	6.26 ± 0.41	6.28 ± 0.38	0.773
325 W	FC (ppm)	179.47 ± 3.12	178.63 ± 3.18	0.917
	FC (% de FCmax)	92.52 ± 0.96	92.15 ± 1.06	0.582
	Escala de Borg	6.97 ± 0.35	7.13 ± 0.38	0.373
350 W	FC (ppm)	184.47 ± 3.01	182.88 ± 3.29	0.882
	FC (% de FCmax)	95.12 ± 0.91	94.34 ± 1.09	0.468
	Escala de Borg	8.12 ± 0.44	8.00 ± 0.42	0.905
375 W	FC (ppm)	188.64 ± 3.24	184.43 ± 3.12	0.976
	FC (% de FCmax)	96.74 ± 0.94	95.79 ± 1.11	0.561
	Escala de Borg	8.57 ± 0.46	8.50 ± 0.38	0.308

400 W	FC (ppm)	184.50 ± 2.63	183.88 ± 3.45	0.279
	FC (% de FCmax)	94.66 ± 1.48	85.23 ± 10.69	0.101
	Escala de Borg	8.50 ± 0.57	8.72 ± 0.49	0.253
425 W	FC (ppm)	186.00 ± 3.07	186.75 ± 3.55	0.359
	FC (% de FCmax)	97.78 ± 2.77	97.38 ± 1.01	0.052
	Escala de Borg	8.92 ± 0.375	9.00 ± 0.42	0.360
450 W	FC (ppm)	188.83 ± 2.72	188.86 ± 3.50	0.194
	FC (% de FCmax)	99.27 ± 2.69	99.11 ± 1.08	0.078
	Escala de Borg	9.50 ± 0.22	9.50 ± 0.362	0.377
475 W	FC (ppm)	192.67 ± 2.33	189.00 ± 3.67	0.323
	FC (% de FCmax)	99.52 ± 4.88	100.06 ± 1.57	0.115
	Escala de Borg	10.00 ± 0.00	9.63 ± 0.239	0.027
500 W	FC (ppm)		189.50 ± 0.50	
	FC (% de FCmax)		100.27 ± 0.27	
	Escala de Borg		10 ± 0.00	

Valores medios ±EEM. Donde W = vatios; FC = Frecuencia Cardiaca; % = porcentaje; FCmáx. = Frecuencia Cardiaca Máxima; ppm = pulsaciones por minuto; "p" = nivel de significación

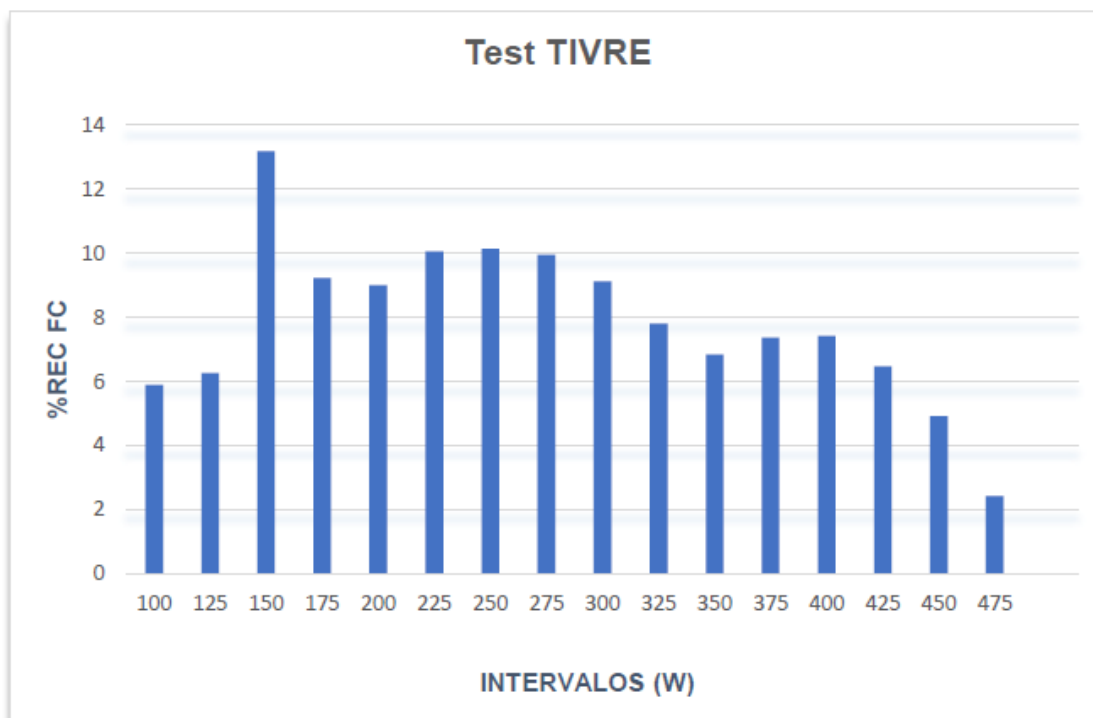


Figura 6: Porcentajes de recuperación de la frecuencia en los intervalos de esfuerzo del test TIVRE. Donde %RECFC= porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca; W=vatios

5-DISCUSIÓN

En este estudio se analizaron los diferentes parámetros indicadores del rendimiento aeróbico de 16 ciclistas de alto nivel, 11 de ellos obteniendo buenos resultados en la categoría amateur y otros 5 compiten a nivel profesional, realizando de entre 22.000 y 40.000 Km por temporada, y que en el momento de realizar las pruebas ya llevaban al menos 3.000 Km de entrenamiento, y estando todos familiarizados con este tipo de test de rendimiento. Además, para una mayor familiarización y consecución de un esfuerzo máximo específico todos los realizaron en su propia bicicleta de entrenamiento.

Un aspecto importante en el ciclismo es la composición corporal, ya que se informa que el porcentaje de grasa debe ser bajo. Según Rodríguez et al. (2003) los ciclistas de alto nivel tienen en torno a un 8,1 % de grasa, así como una descompensación muscular a nivel del tronco y miembros superiores donde la masa muscular es baja. En el presente estudio la media es de un $10,94 \pm 0,85$ % de grasa porcentaje algo superior a lo recomendado para un ciclista de alto nivel pues no están aún en periodo competitivo; y porque de hecho se puede observar el gran rango existente en la muestra, con un valor mínimo del 3,8% y un máximo del 17%. A todos se les dio indicaciones sobre hidratación y alimentación previa a la realización de los test, observándose su buen estado de hidratación (un 65%).

La premisa de que ambos test deben ser máximos se ha verificado en el cumplimiento de los criterios establecidos a tal efecto (Casajus et al., 2009). En nuestro estudio han alcanzado una media de frecuencia cardiaca máxima de 193,81 ppm y 194,06 ppm respectivamente para el protocolo continuo en rampa y para el interválico TIVRE (es decir, llegando al 103.64% y 103,77% de la FC máxima teórica, respectivamente), con un cociente respiratorio (QR) de 1.18 (es decir, un $QR > 1.1$), y una percepción de esfuerzo máxima de 10 en la Escala de Borg, lo que confirma el cumplimiento de los criterios de maximalidad del test, conjuntamente con el hecho de que en más del 85% de los test se ha obtenido una meseta de más de 30 s en el VO_2 máx.

Anton, M.M (2015) en ciclistas de muy alto nivel obtuvieron una media de potencia máxima de 490 ± 56 W, mientras que Siege et al. (2015) con ciclistas recreacionales informaron de una potencia máxima de 316,3 W. En el presente estudio la media de potencia máxima alcanzada fue de $394,25 \pm 10,39$ W en el test continuo en rampa y de $414,06 \pm 13,3$ W en el test interválico TIVRE, por lo que están en valores propios a su nivel en el periodo en el que están. Aunque hay que destacar que los valores de W máxima pueden variar en función del protocolo utilizado (Faria et al., 2015), no es el caso entre los 2 protocolos de nuestro estudio.

Grossl et al. (2012) encontraron una diferencia en la medición de la potencia máxima entre un protocolo continuo frente a uno discontinuo, siendo ésta significativamente mayor en el protocolo discontinuo; sin embargo, utilizaron un protocolo discontinuo diferente al utilizado en el presente estudio con estadio de 5 min de esfuerzo y 1 minuto de descanso. En cambio, Riboli et al. (2016) con 10 sujetos en una cinta de correr obtuvieron una mayor velocidad máxima en un protocolo continuo frente a uno discontinuo (18.6 ± 0.4 km/h vs 16.8 ± 0.6 km/h).

Según estudios anteriores una de las variables que diferencian la categoría de los ciclistas es el VO_2 máx Scott et al. (2015) obtuvieron en 15 ciclistas de elite una media de 73,5 ml/kg/min, mientras que Siege, Rosales, Valenzuela, Agüero y Sepulveda (2015) analizaron el VO_2 máx en 11 ciclistas recreacionales con una media de 56 ml/kg/min; por lo que este parámetro indicador de la capacidad aeróbica parece distinguir el nivel.

En la mayor parte de las investigaciones no se encontraron diferencias significativas entre el VO_2 máx alcanzado en los diferentes protocolos. Riboli et al. (2016) no encontraron diferencias en el VO_2 máx alcanzado en un protocolo discontinuo frente a uno continuo (56.7 ± 1.1 , 57.0 ± 1.2 ml/kg/min), Pierce, Hahn, Davie y Lawton (1999) en remeros compararon el VO_2 máx en una prueba continua en comparación con tres prueba discontinuas con estadios de diferente duración (3, 4, 5 min), mostrando valores idénticos salvo en las etapas de 5 minutos en las que fue ligeramente menor. Sin embargo, Green y Dawson (1996) afirmaron que el consumo de oxígeno depende del protocolo incremental utilizado.

En el presente estudio la media fue de $70,94 \pm 3,2$ ml/kg/min en el test continuo en rampa y $72,81 \pm 2,39$ en el test interválico TIVRE, lo que constata que disponen de una capacidad aeróbica propia de los ciclistas de elite. En nuestro estudio, a pesar de que los descansos de 30s en cada estadio del test interválico parecía que pudieran permitir alcanzar un mayor rendimiento en vatios en el test y alcanzar, quizás, un mayor VO_2 máx, se muestra que alcanzan similares valores, en torno a los 400 vatios, y sin apenas diferir (un 4,5% más en vatios y un 2,2% más en VO_2 máx en el test interválico), por lo que ambos protocolos implican un mismo nivel de exigencia aeróbica y de rendimiento mecánico o de potencia.

Sin embargo, el VO_2 máx no parece ser un buen predictor de rendimiento cuando se comparan a ciclistas del mismo nivel (Subiela et al., 2007; Faria et al., 2015), ya que para éstos autores el rendimiento no depende tanto del VO_2 máx sino del porcentaje de este dónde se alcanza el umbral anaeróbico. Autores han descrito que en ciclistas de alto nivel el umbral anaeróbico se alcanza al 85-90% del VO_2 máx (Faria et al., 2015). En nuestro estudio alcanzaron el umbral anaeróbico al $82,56 \pm 1,48$ % del VO_2 máx en el test rampa y al $81,88 \pm 2,05$ % del VO_2 máx en el test TIVRE. El hecho de aún no identificarse en intensidades cercanas al 90% puede deberse a que los test se realizaron fuera del periodo competitivo. Está descrito que de la

pretemporada al periodo competitivo los ciclistas de élite incrementan el porcentaje del VO_2 máx donde alcanzaban el umbral anaeróbico de un 5% aun 15% (Faria et al., 2015). Y éste sí parece ser un buen indicador de rendimiento, ya que los ciclistas que tuvieron mejores resultados en este parámetro tuvieron un mayor rendimiento durante la temporada.

En cuanto al porcentaje del consumo máximo de oxígeno en el que alcanzan el umbral aeróbico, los ciclistas de alto nivel lo tienen en torno al 40-60% del VO_2 máx. (Faria et al., 2015). En el presente estudio se identificó al $59 \pm 2,36$ % del VO_2 máx en el test continuo en rampa y al $62 \pm 1,65$ % del VO_2 máx en el test interválico TIVRE al igual que en el umbral anaeróbico estos porcentajes mejoraron en aquellos que repitieron las pruebas en periodo competitivo.

Otro factor que determina el rendimiento del ciclista es la potencia desarrollada sin sobrepasar el umbral anaeróbico (Martínez,2007). En el estudio de Antón et al. (2015) la media de potencia desarrollada en el umbral anaeróbico fue de 389 ± 42 W, mientras que en nuestro estudio la media fue de $330,38 \pm 12,29$ W en el test continuo en rampa y de $329,69 \pm 12,75$ W en el test interválico TIVRE; valores que demuestran un buen nivel, al ser similares y cercanos a los del más alto nivel, teniendo en cuenta que los test se realizaron fuera del periodo competitivo. No obstante, existe una importante limitación a la hora de comparar los valores obtenidos en los diferentes estudios debido a los diferentes procedimientos utilizados en las pruebas de laboratorio (Antón et al., 2015). Todos los estudios anteriormente mencionados utilizaron diferentes protocolos continuos en rampa excepto el realizado por Antón et al (2015) que utilizó un protocolo discontinuo con estadios de 3 minutos descansando 60 segundos entre cada estadio.

En cuanto a la determinación de los umbrales en función del protocolo hay varios estudios. Park et al. (2014), en un estudio realizado con ciclistas experimentados (7 hombres y 8 mujeres) encontró una correlación significativa al determinar el umbral anaeróbico entre un test continuo en rampa con incrementos de 20 w cada 1 min, y un test discontinuo con estadios de 6 minutos y 3 minutos de descanso entre ellas. Sin embargo, a diferencia del presente estudio, en el test discontinuo se utilizó la metodología del punto de deflexión de la frecuencia cardiaca para detectar el umbral anaeróbico. Otra diferencia significativa con el presente estudio es el nivel de los ciclistas, ya que la media del VO_2 máx en el estudio de Park et al (2014) fue de 46,9 ml/kg/min frente a los de 71,88 ml/kg/min del presente estudio, y hay que destacar que más de la mitad de los participantes en dicho estudio fueron mujeres, que suelen tener entre un 10%-20% menos VO_2 máx (Faria et al., 2015).

Mientras que Simoes et al. (2014) también afirman que no existe diferencia en la determinación de los umbrales comparando un test continuo con uno discontinuo, Grossl, de

Lucas, de Souza y Grigielmo (2012) con 14 ciclistas afirman lo contrario al encontrar una diferencia significativa en la medición del umbral anaeróbico utilizando un protocolo discontinuo frente a uno continuo, alcanzando éste a una potencia mayor en el protocolo discontinuo (268 ± 29 W vs. 251 ± 29 W). Sin embargo, en éste estudio se utilizó la metodología de la medición del ácido láctico para determinar el umbral anaeróbico. En el presente estudio no se encontró ninguna diferencia significativa en la medición del umbral anaeróbico utilizando los diferentes protocolos, ya que en el protocolo continuo en rampa se alcanzó el umbral anaeróbico a una media de 330,38 W frente a 329,69 W en la prueba interváltica TIVRE.

Con respecto a la recuperación de la prueba, se ha probado una relación bastante directa entre el estado de forma y los índices de recuperación (Darr et al., 1988) citado por Zapico, Lozano, Montero y Peinado (2005). Estos autores muestran en 10 sujetos físicamente activos una media de recuperación de la frecuencia cardiaca en el segundo minuto tras el esfuerzo de 49,75 ppm. En el presente estudio la media de recuperación de frecuencia cardiaca en el segundo minuto tras el esfuerzo fue de 46,83 ppm en el test Rampa y de 48,94 en el test TIVRE quizás porque nuestros ciclistas no se encuentran aún en un buen estado óptimo de forma, ya que están fuera del periodo competitivo. No obstante, y atendiendo al objetivo de este trabajo, en nuestro estudio la frecuencia cardiaca y los porcentajes de recuperación de la misma tras los dos test sigue sin presentar diferencias significativas durante la recuperación de los esfuerzos máximos, con una media de recuperación del 13,85% y 15,7% al 1º minuto, del 24,18% y 24,85% al 2º minuto, y del 29,56% y 29,37% al 3º min de recuperación en el protocolo en continuo e interváltico respectivamente. Si el protocolo se realiza correctamente no parece arrastrar la respuesta inicial al ejercicio durante toda la prueba en el protocolo continuo y no tiene por qué producirse una fatiga prematura.

En nuestro estudio ante la falta de diferencias en los valores máximos y en valores submáximos correspondientes a los umbrales anaeróbico y aeróbico hemos procedido a analizar si había diferencias en cada uno de los mismos estadios de esfuerzo realizados en los 2 protocolos, analizando tanto la frecuencia cardiaca requerida (y su porcentaje respecto de la FC máxima teórica) y la percepción subjetiva de esfuerzo requerido, no habiéndose obtenido para ninguna de estas variables ninguna diferencia significativa en ninguna intensidad de esfuerzo realizada independientemente de que sea durante el test continuo en rampa o durante el test interváltico TIVRE, si bien parece observarse una tendencia a que sea ligeramente superior el esfuerzo en el test interváltico TIVRE posiblemente condicionada por la mayor duración del estadio (15 s) y la mayor duración del test (>8 min) por los 16 periodos de recuperación de 30 s en los que tienen que pedalear haciendo una recuperación activa movilizandoo 100 W.

En definitiva, no habiendo diferencias significativas en los indicadores de capacidad y resistencia aeróbica entre ambos tipos de protocolos de test máximos, el test interválico parece aportar una mayor información en cuanto se puede analizar los porcentajes de recuperación de la FC en cada uno de los estadios de esfuerzo, observándose como se reducen a medida que aumentan la intensidad del esfuerzo, y siendo, la media de recuperación de la frecuencia cardiaca en estos periodos de descanso de 30 segundos del 7,95 %, pero observándose que está en torno al 10% en los estadios pre-umbral anaeróbico, y en torno al 7% en los estadios post-umbral anaeróbico, lo cual puede aportar una información muy relevante y que ha de estudiarse como se modifica a lo largo de la temporada cuando estuvieran en un periodo competitivo, lo que abre nuevas líneas de estudio en el ámbito de la valoración de la condición física aeróbica en relación con el entrenamiento y el rendimiento deportivo.

6-CONCLUSIONES

1. Tanto el clásico protocolo continuo en rampa como el novedoso protocolo interválico TIVRE son válidos para la medición de la capacidad y resistencia aeróbica en el ciclismo.
2. No existe diferencia en la medición de los valores máximos de consumo de oxígeno, frecuencia cardiaca ni vatios movilizados utilizando un protocolo continuo en rampa frente a uno interválico TIVRE
3. No existe diferencia ni en la potencia desarrollada, ni en el porcentaje del $VO_2\max$ o de la frecuencia cardiaca máxima que permiten identificar la intensidad correspondiente a los umbrales anaeróbico y aeróbico, como tampoco en ningún esfuerzo submáximo, ya sea en un protocolo continuo en rampa o en uno interválico TIVRE.
4. La recuperación de la frecuencia cardiaca en esfuerzos máximos tampoco difiere en función del tipo de protocolo.
5. El protocolo interválico TIVRE puede tener un valor añadido de gran utilidad para medir el rendimiento en el ciclismo ya que permite analizar la recuperación a diferentes intensidades, algo muy útil en un deporte como el ciclismo en el que son relevantes los esfuerzos intermitentes de alta intensidad.

7-FUTURAS VÍAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo puede servir como punto de partida o como complemento para otras investigaciones que dispongan de mayor tiempo y nivel. En este sentido sería interesante analizar la variación de los diferentes parámetros de rendimiento tras un periodo de entrenamiento y dieta controlada, después de la cual se podría estudiar:

-Variación de la composición corporal

-Mejora del consumo máximo de oxígeno

-Aumento de los porcentajes del consumo de oxígeno en el que se alcanza el umbral aeróbico e anaeróbico.

-Mejora de los valores de potencia máxima, así como potencia en el umbral aeróbico e anaeróbico.

-Mejora de la recuperación de la frecuencia cardiaca tras el esfuerzo.

-Mejora de la recuperación a diferentes intensidades de esfuerzo.

8-BIBLIOGRAFÍA

Alkahtani, S. (2014). Comparing fat oxidation in an exercise test with moderate-intensity interval training. *Journal of sports science & medicine*, 13(1), 51.

Anta, R. C. (2006). La prueba del esfuerzo: ¿para qué nos sirven sus datos. *Sport Training Magazine*, (8), 36-39.

Antón, M. M., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Asiain, X., Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. M. (2015). Predicción del Rendimiento en Pruebas Contrarreloj en el Llano y en Ascenso en Ciclistas Aficionados de Elite. *PubliCE Premium*.

Baker, A. (2002). *Medicina del ciclismo* (Vol. 44). Editorial Paidotribo.

Casajús, J. A., Piedrafita, E., & Aragonés, M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 9(35), 217-231.

Conconi, F., Grazi, G., Casoni, I., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballarin, E., ... & Manfredini, F. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *International journal of sports medicine*, 17(07), 509-519.

Cragnulini, F. (2013). Control de la Carga de Entrenamiento en el Ciclismo. In X Congreso Argentino y V Latinoamericano de Educación Física y Ciencias (La Plata, 2013).

Droghetti, P., Borsetto, C., Casoni, I., Cellini, M., Ferrari, M., Paolini, A. R., ... & Conconi, F. (1985). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller, and iceskating, rowing, and walking. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 53(4), 299-303.

Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2015). The science of cycling. *Sports medicine*, 35(4), 285-312.

Green, S. & Dawson, B. T. (1996). Methodological effects on the VO₂-power regression and the accumulated O₂ deficit. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(3), 392-397.

Grossl, T., de Lucas, R. D., de Souza, K. M., & Guglielmo, L. G. A. (2012). Time to exhaustion at intermittent maximal lactate steady state is longer than continuous cycling exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(6), 1047-1053.

- Haufe, S., Engeli, S., Budziarek, P., Utz, W., Schulz-Menger, J., Hermsdorf, M. and Jordan, J. (2010) Determinants of Exerciseinduced Fat Oxidation in Obese Women and Men. *Hormone and Metabolic Research* 42(3), 215-221.
- Jeans, E. A., Foster, C., Porcari, J. P., Gibson, M., & Doberstein, S. (2011). Translation of exercise testing to exercise prescription using the talk test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 590-596.
- Jentjens, R. L., Van Loon, L. J., Mann, C. H., Wagenmakers, A. J., & Jeukendrup, A. E. (2001). Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 91(2), 839-846.
- Koutlianos, N., Dimitros, E., Metaxas, T., Cansiz, M., Deligiannis, A. S., & Kouidi, E. (2013). Indirect estimation of VO₂max in athletes by ACSM's equation: valid or not?. *Hippokratia*, 17(2), 136.
- Latasa Zudaire, I. A. (2014). Determinación de los umbrales, ventilatorios, metabólicos y electromiográficos durante un test de esfuerzo incremental en ciclistas de élite.
- Lee, H., Martin, T., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D., & Hahn, A. G. (2014). Características Fisiológicas de Ciclistas Profesionales de Mountain Bike y de Ruta Exitosos. PubliCE Premium.
- Loose, B. D., Christiansen, A. M., Smolczyk, J. E., Roberts, K. L., Budziszewska, A., Hollatz, C. G., & Norman, J. F. (2012). Consistency of the counting talk test for exercise prescription. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1701-1707.
- Lorente, R. M., Azpeitia, J., Arévalo, N., Muñoz, A., García, J. M., & Gredilla, J. (2012). Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. *Radiología*, 54(5), 410–423.
- Lozano, F. B. (2010). Relación peso-rendimiento en el ciclismo. *Sport Training Magazine*, (30), 52-55.
- Martín Moreno, V., Gómez Gandoy, J. B., & Antoranz González, M. J. (2001). Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Revista española de salud pública*, 75(3), 221-236.
- Martínez, C. C. (2007). Factores fisiológicos determinantes en el ciclismo de carretera. *Lecturas: Educación física y deportes*, (114), 38.

Moreira, O., Alonso-Aubin, D., Oliveira, C., Candia- Luján, R., & Paz, J. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación , ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 32(6), 387–394.

Moreno, P. J. F., & José, E. ciclista.

Nikolaidis, P. T. (2015). Can maximal aerobic running speed be predicted from submaximal cycle ergometry in soccer players? The effects of age, anthropometry and positional roles. *Advanced biomedical research*, 4.

Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E., & Mora-Rodriguez, R. (2016). Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PloS one*, 11(9)..

Park, S. W., Brenneman, M., Cooke, W. H., Cordova, A., & Fogt, D. (2014). Determination of anaerobic threshold by heart rate or heart rate variability using discontinuous cycle ergometry. *International journal of exercise science*, 7(1), 45.

Paton, C. D., Perrout De Lima, J. R., Pereira Costa, V., Gama De Matos, D., Coelho Pertence, L., & Almeida Neves Martins, J. (2011). Correlaciones Fisiológicas con el Rendimiento de Ciclismo de Ascenso de 10 km en Ciclistas de Competición. *PubliCE Premium*.

Pierce, S. J., Hahn, A. G., Davie, A., & Lawton, E. W. (1999). Prolonged incremental tests do not necessarily compromise $\dot{V}O_{2max}$ in well-trained athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(4), 356-363.

Riboli, A., Emiliano, C., Rampichini, S., Venturelli, M., Alberti, G., Limonta, E., ... & Esposito, F. (2016). Comparison between continuous and discontinuous incremental treadmill test to assess the velocity at VO_{2max} . *The Journal of sports medicine and physical fitness*.

Rodriguez-Marroyo, J. A., Lopez, J. G., Avila, C., Jimenez, F., Cordova, A., & Villa Vicente, J. G. (2003). Intensity of exercise according to topography in professional cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(7), 1209-1215.

Scott, C., Wyatt, F., Winchester, J., Williamson, K., Welter, A., & Brown, S. (2015). Physiological breakpoints and maximal steady-state of cycling. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(3), 33-46.

Siegel-Tike, P., Rosales-Soto, G., Valenzuela, T. H., Agüero, S. D., & Sepúlveda, R. Y. (2015). Parámetros de composición corporal y su relación con la potencia aeróbica máxima en ciclistas recreacionales. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 2223-2227.

Sigcho Cueva, J. C. (2015). *Evaluación antropométrica de los colectivos ciclistas de la ciudad de Loja* (Bachelor's thesis).

Simoës, R. P., Castello-Simões, V., Mendes, R. G., Archiza, B., Santos, D. A., Bonjorno, J. C., ... & Borghi-Silva, A. (2014). Identification of anaerobic threshold by analysis of heart rate variability during discontinuous dynamic and resistance exercise protocols in healthy older men. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(2), 98-108.

Stamford, B. A. (1976). Step increment versus constant load tests for determination of maximal oxygen uptake. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 35(2), 89-93.

Subiela, J. (2007). Aspectos fundamentales del umbral anaeróbico. *Vitae: Academia Biomédica Digital*, (30), 2.

Subiela, J., Torres, S. H., Herrera, A., Fernández, N., Alexander, P., & Jimeno, F. (2007). Características musculares y potencia anaeróbica y aeróbica máximas en ciclistas de competición. *Archivos de medicina del deporte*, 24(119), 169-178.

Vaquera, A., Rábago, J. C. M., López, J. G., Marroyo, J. A. R., Ordás, M. C. Á., Mendonca, P. R., & Vicente, J. G. V. (2007). Diseño y aplicación del test de campo TIVRE-Basket para la valoración de la resistencia aeróbica del jugador de baloncesto. *European Journal of Human Movement*, (18), 19-40

Zapico, A. G., Lozano, A. B. P., Montero, F. J. C., & Peinado, P. J. B. (2005). Validez, fiabilidad y reproducibilidad de un test incremental en rampa en personas físicamente activas. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 1(1), 46-63.