

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TESTS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CRÍTICA Y CAPACIDAD ANAERÓBICA DE TRABAJO EN EL SECTOR CICLISTA

MÁSTER DE ALTO RENDIMIENTO Y SALUD
2016/2017

D. Javier Olaya Cuartero

CO-TUTOR:

D. Alejandro Javaloyes Torres

TUTOR ACADÉMICO:

D. Raúl López Gueso

TUTOR PROFESIONAL:

D. Jose Manuel Sarabia Marin

ÍNDICE

RESUMEN / ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
Participantes	6
Diseño experimental.....	7
Procedimiento de pruebas y registros	8
<i>Bioimpedancia y características antropométricas.....</i>	<i>8</i>
<i>Test incremental máximo (GXT)</i>	<i>8</i>
<i>Test MLSS.....</i>	<i>9</i>
<i>Test 12-7-3 min.....</i>	<i>10</i>
<i>Determinación de la velocidad de recuperación (RS test).....</i>	<i>10</i>
Análisis de datos	11
REFERENCIAS	12

RESUMEN / ABSTRACT

La determinación de Umbrales es un factor clave en el entrenamiento de los deportes de resistencia cíclicos como el ciclismo. Existen diferentes metodologías para realizar esta determinación, cada una de ellas con sus ventajas y limitaciones. Los objetivos del presente trabajo final de máster son, por un lado relacionar el concepto de Potencia Crítica a través de diferentes metodologías, tanto con las variables de la carga interna como lactato en sangre y consumo de oxígeno, como con la variable externa principal para evaluar la carga en el ciclismo o en el sector ciclista en triatlón, la potencia, y por otro lado determinar la velocidad de recuperación de la capacidad anaeróbica de trabajo (W') una vez sobrepasada la intensidad relacionada al concepto de Potencia Crítica (PC).

Palabras Clave:

Potencia Crítica; W' ; Umbral Anaeróbico; Ciclismo



INTRODUCCIÓN

Existen en la bibliografía numerosas definiciones que describen la resistencia. Algunas de ellas, definen este concepto como la “capacidad de resistir a la fatiga en trabajos de prolongada duración” (Manno, 1991) o “capacidad física y psíquica que posee un deportista para resistir la fatiga” (Weineck, 1988). Otros autores, como Platonov (1999) la definen como “la capacidad de realizar un ejercicio de manera eficaz, superando la fatiga que produce” y Harre (1987) como “capacidad para resistir la fatiga”. También podemos encontrar alguna definición posterior como la de Hedegus (2001), definiéndola como “una capacidad psicossomático – funcional compleja que se puede conceptualizar como la capacidad para oponerse a la fatiga”.

Por su parte, Verjoshanski (1990) propuso una división entre deportes cíclicos y acíclicos. Concerniente al tema a tratar, se deja a un lado la importancia que tiene la recuperación a corto plazo para estudiar la capacidad de mantener un esfuerzo continuo, siendo las especialidades cíclicas las que implican desplazamiento como la natación, ciclismo, carrera a pie, etc. Y haciendo una relación específica de la división de este autor respecto al objetivo del trabajo, se focaliza la atención en el ciclismo y el triatlón. Neumann (1996) clasifica el ciclismo de ruta como un deporte de resistencia cíclico abarcando varias disciplinas, siendo las principales el ciclismo de carretera y el de pista. Además, también es la disciplina correspondiente al segundo segmento del triatlón. Destacada importancia cobra en estos deportes diferenciar entre la distancia recorrida y la duración empleada para la misma, y así poder encuadrarlos dentro de un tipo de resistencia en función del criterio seleccionado (García Verdugo & Leibar, 1997; Navarro, 1998). Prestando especial atención a la duración del esfuerzo, García Verdugo & Navarro (2003) establecen una clasificación que relaciona el tiempo de duración con las características de la duración en competición y los procesos de obtención de energía, así como con los sustratos energéticos predominantes en su utilización. Se diferencian aquí la resistencia de duración muy corta (RDMC), resistencia de duración corta (RDC), resistencia de duración media 1 (RDM), 2 (RMD II) y resistencia de duración larga 1 (RDL I), 2 (RDL II) y 3 (RDL 3). Relacionando la RDL II con la especificidad del deporte del triatlón en modalidad sprint atendiendo a distancia y duración. Añadiendo que otros autores como Neumann (1984) sitúan a esta resistencia en un periodo de 35 a 90 minutos.

Realizada la contextualización del deporte, conviene analizar los factores que determinan el rendimiento en la resistencia en deportes cíclicos (García Verdugo, 2007). Uno de ellos es el Consumo de Oxígeno Máximo ($VO_{2máx}$) definido como la máxima

cantidad de oxígeno que es capaz de consumir el individuo en un tiempo determinado. Puede ser medido tanto de forma absoluta como relativa, siendo más conocida la magnitud de mililitros de O₂ consumidos en un minuto por cada kilogramo de peso corporal (ml.kg⁻¹.min⁻¹). Este VO_{2máx} depende de otros factores determinantes como la constitución genética, masa muscular, edad, sexo y motivación (García Manso, 1999; Barbany, 2002). Entre estos factores del rendimiento cobran una relevante importancia el umbral aeróbico (UA) y umbral anaeróbico (UAn). Según García Verdugo (2007), el UA supone el momento a partir del cual se comienza a producir entrenamiento (adaptación) a los procesos aeróbicos, ya que por debajo de este límite el músculo ya se encuentra adaptado a este tipo de esfuerzos y no se ve obligado a poner en marcha todos los mecanismos de ajuste para recuperar la homeostasis, relacionándose con el metabolismo aeróbico. Aunque tiene un mayor grado de importancia el UAn, encontrándose más vinculado a la transición de la mayor incidencia del metabolismo anaeróbico. Añadiendo Gorostiaga, Ibañez & López (2002) como el contenido de las mitocondrias del músculo esquelético se relaciona con la capacidad de trabajo a intensidades más bajas que la que corresponde al VO_{2máx}. Por lo tanto, las mitocondrias son más responsables del entrenamiento a intensidades más próximas al UAn, remarcando la importancia de éste segundo umbral respecto del primero. En este conocimiento global del UAn existen, a su vez, dos conceptos que parecen guardar un significado fisiológico diferente. Un primer concepto relacionado con el conocimiento del umbral que coincide con el comienzo de acumulación de lactato en sangre o umbral láctico “lactate threshold” (LT). Y un segundo concepto de umbral identificado como máximo estado estable de lactato “maximal lactate steady state” (MLSS). Este LT es positivamente aceptado como indicador del rendimiento de resistencia (Gavin et al., 2012; Allen & Coggan, 2006; Sjödín & Jacobs, 1981; Coyle et al., 1995; Bassett & Hawley, 2000; McNaughton et al., 2006). Existiendo buenas correlaciones entre el mismo y el rendimiento en bicicleta de carretera (Coyle et al., 1995; Bishop et al., 1998), como en bicicleta de montaña (MTB) (Costa et al., 2008, Impellizzeri et al., 2005). Referente al MLSS, se define este estado como la intensidad máxima de ejercicio que puede mantenerse durante un tiempo prologando (superior a 25 minutos) sin un incremento continuado, debiendo ser éste inferior a 1 mMol, (Beneke, 2003). Autores como Billat (2002) destacan que el concepto de este estado y el de UAn coinciden, representando el segundo el valor superior de la intensidad de esfuerzo sostenido en este estado de equilibrio. Como se puede leer, en la literatura se han descrito multitud de metodologías diferentes para la determinación de la transición aeróbica -

anaeróbica, pero en todo caso, destacan el MLSS y el Umbral Anaeróbico (UAn) (García Pallarés & Morán Navarro, 2012). Según estos autores, el umbral anaeróbico puede emplearse con diferentes objetivos, ya sea como índice de adaptación muscular al entrenamiento de resistencia aeróbica, pero también como índice para determinar las diferentes intensidades de la carga de resistencia en una sesión de entrenamiento. Y para esta determinación de las intensidades de carga de resistencia en relación al deporte al que nos referimos, Naclerio (2012) destaca que en ciclistas y triatletas la variable principal para evaluar la carga externa en ciclismo es la potencia (P), es decir, el trabajo realizado en un determinado tiempo. Utilizando el ciclista dicha potencia para superar la aerodinámica, la inercia asociada a la aceleración de la bicicleta, la resistencia a la rodadura, la gravedad cuando se suben cuestas y para transmitir el momento de fuerza hasta la rueda trasera. Y con la creciente disponibilidad de dispositivos para la medición de potencia en el ciclismo, hay autores que asocian unos determinados vatios (W) a la potencia umbral funcional “Functional Threshold Power” (FTP) que coincidiría con el UAn, con el que se podría estimar el umbral de lactato (LT) (Allen & Coggan, 2006). Por tanto, la velocidad en ciclismo depende, en términos generales de la potencia producida. Se añadiría aquí, también según estos autores, la definición del concepto de Potencia Crítica (PC) como potencia que puede mantenerse indefinidamente sobre la base de un metabolismo principalmente aeróbico, medida en vatios (W). Estableciendo desde el punto de vista fisiológico, Johnson, Sharpe y Brown (2007) que la PC es un componente del sistema aeróbico, sistema de suministro de energía caracterizado por la intensidad del ejercicio a la cual se puede mantener un estado estable sin un aumento exponencial de VO_2 y concentración de lactato sanguíneo. En contraste, son menos claros los mecanismos fisiológicos de la capacidad anaeróbica de trabajo o “anaerobic work capacity” (W') medida en Julios (J), representando de manera constante, pero limitada según autores como Skiba, Chidnok, Vanhatalo & Jones (2012), la cantidad de energía que puede ser utilizada cuando la intensidad del ejercicio excede dicha PC (Morton, 2006). Proponiendo a su vez, estos mismos autores, un modelo para calcular la velocidad del gasto y reconstitución de esta W' y estando relacionado con variables de la carga interna como VO_2 y externa (W).

Dejando de lado el ámbito teórico y centrando la atención en el práctico, se asocia este concepto de umbral anaeróbico a la velocidad de desplazamiento o a la Frecuencia Cardíaca (FC), así como al porcentaje de $VO_{2máx}$ y, como consecuencia de esto último, a la ventilación pulmonar (Arcelli, 1993). Así pues, con vistas al entrenamiento y, una vez

determinado el umbral anaeróbico, se puede controlar mediante la FC o, incluso, aunque de forma menos exacta, por la mera observación. Ya que, al rebasar este límite el deportista comienza a hiperventilar de forma ostensible, dándonos la propia percepción de la fatiga por parte del deportista puede dar una información aproximada de si está entrenando a intensidades superiores o inferiores a este umbral. Será el UAn un dato importante a tener en cuenta y resultando su elevación un objetivo importante de mejora en el entrenamiento de resistencia (Bompa, 2003), como el $VO_{2m\acute{a}x}$ ambos entrenables.

Por lo tanto, se pretende en este trabajo, relacionar el concepto de Potencia Crítica tanto con las variables de la carga interna como lactato en sangre y consumo de oxígeno, como con la variable externa principal para evaluar la carga en el ciclismo o en el sector ciclista en triatlón, la potencia.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Participantes

Participaron en el estudio 5 hombres voluntariamente, triatletas populares con experiencia previa de 1 año en este deporte, representado sus características como media (**M**) \pm Desviación Típica (DT) (*Tabla 1*). Todos ellos firmaron el cuestionario PAR – Q (Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire) (Thomas, Reading & Shephard, 1992) y un consentimiento informado de participación en el estudio.

Tabla 1

Características de los participantes

	M	DT
Edad (años)	26,40	7,39
$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	45,62	5,41
*PAM (W/kg)	4,52	0,80
Peso (kg)	78,60	5,04
Altura (cm)	179,00	3,46
% Graso	16,10	3,89

*PAM (*Potencia Aeróbica Máxima*)

Diseño experimental

En la primera semana del estudio se realizó un test incremental máximo hasta el agotamiento o “Graded Exercise Test” GXT (Pettitt, Clarck, Ebner, Sedgeman, & Murray, 2013). Una vez identificados los umbrales de los sujetos y con el objetivo de determinar el máximo estado estable de lactato “Maximal Lactate Steady State” (MLSS) (Beneke, 2003) de los mismos, se realizaron 3 tests MLSS en la segunda semana. Estos tests se realizaron en días no consecutivos y dejando entre cada uno de ellos de 24 a 48 horas de descanso.

La siguiente semana se dedicó a realizar el test utilizado por Karsten, Jobson, Hopker, Stevens & Beedie (2014) para calcular la validez y fiabilidad de la Potencia Crítica (PC), haciendo para esto tres esfuerzos de 12, 7 y 3 minutos (12-7-3´) a la máxima intensidad respectivamente con un descanso de 30 minutos entre cada uno. Con los resultados de este test se calculó posteriormente la PC de cada uno de los sujetos (Golden Cheetah).

En la última semana se calculó la velocidad de recuperación “Recovery Speed” (RS) utilizando el protocolo de la aplicación de Volata (2015). Cycling Anaerobic Exhaustion. Garmin Connect IQ. (Versión V1.01). Descargado de <https://apps.garmin.com/es-ES/apps/6b6f49fa-f674-4300-9c06-9c2bd3de8785>. De la misma manera que con los tests MLSS, se realizaron estos tres tests en días no consecutivos, dejando entre ellos un descanso mínimo de entre 24 y 48 horas.

Tabla 2

Diseño experimental

Semana	S1	S2			S3			S4				
Test	GXT	MLSS			12-7-3			RS				
	GXT	1	24-48	2	24-48	3	12-7-3	RS1	24-48	RS2	24-48	RS3

*S (Semanas)

*GXT (Test incremental máximo)

*MLSS (Maximal Lactate Steady Stable)

*12-7-3 minutos test

*RS (Recovery Speed)

Procedimiento de pruebas y registros

Bioimpedancia y características antropométricas.

Se realizó una medición de las características antropométricas básicas de cada uno de los sujetos en cuanto a altura, peso, porcentaje de masa grasa, masa muscular, masa ósea e índice de masa corporal (Tanita BC – 420, Tokyo, Japón). Esta medición se realizó en el momento previo a la realización del test GXT.

Test incremental máximo (GXT)

El protocolo de este test incremental máximo “Graded Exercise Test” (GXT) consistió en un incremento de 25 vatios cada 1 minuto ($25\text{W}\cdot\text{min}^{-1}$) tras un calentamiento estándar de 10 minutos a 50 vatios (W) (Pettitt et al., 2013). Se indicó a los participantes que mantuvieran su cadencia preferida durante este calentamiento para calibrar el rodillo y potenciómetro utilizado, Wahoo KICKR Power Trainer (Wahoo Fitness, Atlanta, USA), validado por Zadow, Kitic, Wu, Smith y Fell (2016). Finalizando el test cuando la cadencia caía por debajo de la desarrollada durante el test o cuando el sujeto realizaba una señal verbal o gestual.

El analizador empleado para la medición del intercambio de gases durante este test fue un MasterScreen CPX, (Jaeger Leibniztrasse 7, 97204 Hoechberg, Alemania) calibrándose este dispositivo antes de cada sesión. Obteniéndose el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) como el pico de VO_2 registrado durante toda la prueba. La determinación de umbrales, objetivo de este test se realizó de acuerdo a los parámetros ventilatorios de O_2 y CO_2 (Pallarés, Morán Navarro, 2012). Determinando el Umbral Aeróbico o Umbral Ventilatorio 1 (VT1) en el punto en el que se producía un incremento del Equivalente Ventilatorio del O_2 sin un incremento asociado del Equivalente del CO_2 . Siendo determinado el Umbral Anaeróbico o Umbral Ventilatorio 2 (VT2) en el momento en el que sí había un incremento de la producción de CO_2 con una consecuente disminución en la presión parcial del CO_2 al final de la ventilación (PetCO_2).

Test MLSS

El objetivo de este test fue determinar el máximo estado estable de lactato (MLSS) de los sujetos. Para ello, cada uno visitó el laboratorio entre 2 y 3 veces realizando siempre los tests en días no consecutivos y con un descanso de entre 24 y 48 horas. Para determinar la potencia a la que se realizaban los tests fue necesaria una previa determinación de los umbrales ventilatorios durante el test GXT. Y así poder asociar una determinada carga al umbral de lactato o “lactate threshold” (LT). Por lo que, una vez determinados los umbrales, se realizó este test con el objetivo de determinar la intensidad máxima de ejercicio que puede mantenerse durante un tiempo prolongado (< 25 min) sin un incremento continuado (< 1 mMol) de la concentración de ácido láctico entre el minuto 10´ y 30´ (Pallarés, Morán, Ortega, Fernández & Mora, 2016). El protocolo de estos tests consistió en realizar un calentamiento estándar de 10 minutos a 50 vatios (W) y, posteriormente realizar varias cargas de trabajo constantes de 30 minutos de pedaleo (Beneke, 2003). La carga del primer test MLSS fue igual a la potencia medida en vatios (W) relacionada con el umbral anaeróbico previamente determinado en el GXT. En cambio, en el segundo test, esta carga decreció en todos los sujetos en 0,2 W. kg⁻¹ (-15 W). Bajando esta carga a 0,4 W.kg⁻¹ en un tercer test para los sujetos en los que se consideró necesario. Las concentraciones de lactato se tomaron cada 5 minutos, incluyendo una toma tras el calentamiento (pre - test) y otras dos a 1 minuto y 3 minutos (post - test) (Figura 1). Estas concentraciones fueron determinadas a partir de sangre capilar, extraídas del lóbulo de la oreja, y analizadas al instante con un dispositivo portátil (Lactate Scout, Senselab, Alemania) (Tanner, Fuller & Ross, 2010). Todos los deportistas utilizaron su propia bicicleta y el mismo rodillo con el que se realizó el test incremental máximo de la primera semana.

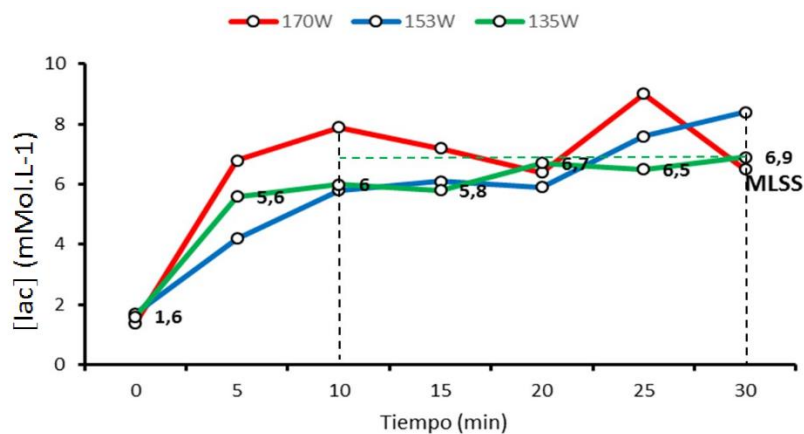


Figura 1. Ejemplo de determinación del MLSS de un sujeto.

Test 12-7-3 min

Con este test utilizado por Karsten, Jobson, Hopker, Stevens & Beedie (2014), se determinó la Potencia Crítica (PC) y la capacidad limitada de trabajo (W') una vez sobrepasada esta PC. Para ello, se realizó un calentamiento de 10 minutos a una intensidad de 50 vatios. Posteriormente, se realizaban tres esfuerzos máximos de 12 minutos, seguidos de 7 minutos y un esfuerzo final de 3 minutos dejando una recuperación entre cada esfuerzo de 30 minutos (12-7-3'). Para los diferentes esfuerzos, se dejó al deportista una cadencia de pedaleo libre, registrando al mismo tiempo la potencia libre de cada esfuerzo. Las recuperaciones se realizaron de forma pasiva sentado en una silla.

Una vez realizado este test, se procedió al cálculo de la PC y W' a través del software libre (Golden Cheetah, Version 3.4). Importando la potencia registrada en el rodillo Wahoo KICKR Power Trainer (Wahoo Fitness, Atlanta, USA) en los esfuerzos de mayor (12') y menor duración (3').

Determinación de la velocidad de recuperación (RS test)

Con los datos obtenidos de estas pruebas realizadas durante la última semana del estudio se realizó el cálculo del método lineal dependiente de la potencia de trabajo a través de la cual se estimó la velocidad de recuperación en ciclistas "Recovery Speed" (RS). Para ello, se utilizó el protocolo de la aplicación de Volata (2015). Cycling Anaerobic Exhaustion. Garmin Connect IQ. (Versión V1.01). Descargado de <https://apps.garmin.com/es-ES/apps/6b6f49fa-f674-4300-9c06-9c2bd3de8785>.

En cuanto a la utilidad de esta aplicación destaca la determinación del porcentaje de capacidad anaeróbica "Anaerobic Tank" (AT) que queda a lo largo de una actividad en cualquier momento dado y, al mismo tiempo poder predecir en función a la potencia que se desarrolle por encima del límite del umbral anaeróbico "Anaerobic Threshold Limit" (ATL), cuánto tiempo queda hasta la extenuación. Para ello, son necesarios una serie de pasos a realizar; calcular ATL y AT, realizar las pruebas de determinación de la velocidad de recuperación, y determinar la velocidad de recuperación, así como el reajuste de este ATL.

Para la realización de pruebas de determinación de velocidad de recuperación (RS), se calculó previamente la intensidad a la que todos los sujetos realizaron las series (120% de su Potencia de UAn) de acuerdo a los datos del GXT. Esto es así ya que es una intensidad muy interesante correspondiente a las zonas de entrenamiento del $VO_{2m\acute{a}x}$ y la Capacidad Anaeróbica (niveles 5 y 6 respectivamente) según la determinación de las

zonas de entrenamiento para ciclistas con base al UAn en vatios de autores como Coggan (2015). Por lo tanto, para establecer las tres potencias de recuperación de cada sujeto, cada uno de estos realizó 3 tests. El protocolo de estos tests comenzaba con un calentamiento de 20 minutos, compuestos por 10 minutos de pedaleo ligero al 50%, 5 minutos de pedaleo intenso al 103%, y otros 5 minutos de pedaleo ligero al 50%. Teniendo siempre en cuenta, que como mínimo, estas intensidades siempre se encontraran un 20% por debajo del UAn. Tras el calentamiento, se realizaban series de 60 segundos de trabajo seguidas de 30 segundos de recuperación activa de manera continuada hasta el agotamiento. En todos los tests, las series de trabajo de 60 segundos se realizaron a la intensidad del 120%, variando en cada uno de ellos la intensidad de los 30 segundos de recuperación, siendo en el primer test al 90%, en el segundo al punto intermedio entre el UAn y 100 vatios, y el tercero a 100 vatios (intensidad fácil de pedaleo). La vuelta a la calma fue siempre de 20 minutos de pedaleo, divididos en 15 minutos de pedaleo ligero al 45% y 5 minutos al 57% de esta misma intensidad. El uso de la bicicleta propia de cada sujeto y rodillo fue idéntico al utilizado en los test anteriores.

Análisis de datos

Todos los resultados se expresan como media (**M**) \pm Desviación Típica (DT). La relación entre las variables de los tests de campo fue verificada usando el coeficiente de correlación de Pearson (*r*). Además, se completó la información de esta relación con los gráficos Bland Altman, donde quedaron reflejados los intervalos de confianza al 95% para relacionar la variable “Gold Standard” correspondiente al GXT y los otros tests realizados como el MLSS (*Figura 2*), 12-7-3 minutos (*Figura 3*), y la PC estimada a través de este último (*Figura 4*). También se hizo esta relación respecto a la capacidad anaeróbica de trabajo (W'). Las diferencias significativas fueron aceptadas con $p < 0.05$.

Para la elaboración de los gráficos Bland Altman se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Excel (Versión 1.0) Y para las relaciones entre los resultados de los diferentes test se utilizó el paquete de datos estadístico SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

REFERENCIAS

- Allen, H., & Coggan, A. (2010). Training and racing with a power meter: VeloPress.
- Arcelli, E. (1983). Acido lattico e prestazione: Quello che l'allenatore de be sapere. *Atletica Leggera*, 399: 93, 31-38.
- Barbany, J. (2002). *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Paidotribo. Barcelona.
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381-394.
- Beneke, R. (2003). Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4-5), 361-9.
- Billat, V (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Paidotribo. Barcelona.
- Bompa, T. O. (2003). Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento. Editorial Hispano Europea.
- Chicharro J.L., Lucía, A. (2008). Transición aeróbica-anaeróbica: concepto, bases fisiológicas y aplicaciones. En Chicharro, J.L. y Fernández- Vaquero A. (Eds.) *Fisiología del Ejercicio* (3ª ed.P. 416) Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Coyle, E.F., Martin, W.H., Ehsani, A.A., Hagberg, J.M., Bloomfield, S.A., Sinacore, D.R., Holloszy, J.O. (1983). Blood lactate threshold in some well trained ischemic heart disease patients. *Journal of Applied Physiology*, 54, 18-23.
- Driss, T., & Vandewalle, H. (2013). The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. *BioMed Research International*, 2013.
- García Manso, J. (1999). *La adaptación y la excelencia deportiva*. Gymnos. Madrid.
- García Manso, J (1999). *La fuerza*. Gymnos. Madrid.
- García Manso, J., Vitoria, M., Navarro, F., & Legido, J. C. (2006). *La resistencia desde la optica de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo*. Grada sport books. España.
- García Verdugo, M. (2007). *Resistencia y entrenamiento: Una metodología práctica*. Paidotribo. España.
- García Verdugo, M., & Leibar, X. (1997). *Entrenamiento de la resistencia en corredores de medio fondo y fondo*. Gymnos. Madrid.

- Gavin, T. P., Van Meter, J. B., Brophy, P. M., Dubis, G. S., Potts, K. N., & Hickner, R. C. (2012). Comparison of a field-based test to estimate functional threshold power and power output at lactate threshold. *Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*, 26(2), 416-421.
- GoldenCheetah, (2011). Obtenido de: <http://goldencheetah.org/>
- Gorostiaga, E., Ibáñez, J., & López, J. (2002). *Respuestas biológicas al esfuerzo en el alto rendimiento deportivo*. Máster en ARD. UAM-CO.ES. Madrid.
- Green, S. (1994). A definition and systems view of anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69(2), 168-173.
- Hegedus, J. Estudio de las Capacidades Físicas de la Fuerza, Argentina, 2001. EF Deportes.
- Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 761-770.
- Karsten, B., Jobson, S. A., Hopker, J., Stevens, L., & Beedie, C. (2015). Validity and reliability of critical power field testing. *European Journal of Applied Physiology*, 115(1), 197-204.
- Manno, R. (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Paidotribo. Barcelona.
- Mantica, S. (2015). Human Performance Modelling on Wearable Devices. *Research Gate*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Stefano_Mantica/publication/281934699_Human_Performance_Modelling_on_Wearable_Devices/links/55feb20608aec948c4f1f284.pdf
- Miller, M. C. (2014). Validity of using functional threshold power and intermittent power to predict cross-country mountain bike race outcome. *Journal of Science and Cycling*, 3(1), 16.
- Morán Navarro, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research*, 4(2):119-136.
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267-272.
- Morton, R. H. (2006). The critical power and related whole-body bioenergetic models. *European journal of Applied Physiology*, 96(4), 339-354.

- Naclerio Ayllón, F. J. (2011). *Entrenamiento deportivo: fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Navarro, F. (1988). *La resistencia*. Gymnos. Madrid.
- Neumann, G. (1984). *Stoffwechselprobleme beim Ausdauerlauf*. *Medizin und Sport*, 2, 49-56.
- Padilla, Mujika, I., Cuesta, G., & Goiriena, J. J. (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 878-885.
- Pallarés, J. G., Morán Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E., & Mora Rodríguez, R. (2016). Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PloS One*, 11(9), e0163389.
- Passfield, L., Jobson, S. A., Atkinson, G., Barton, G., & Scarf, P. (2009). Longitudinal changes in weighted indices of work-rate but not average power output of cyclists during a racing season. *J Sports Sci*, 27(S2), S102-S103.
- Pérez, M. (2008). Pruebas funcionales de valoración aeróbica. En Chicharro, J.L. y Fernández-Vaquero A. (Eds.) *Fisiología del Ejercicio* (3ª ed. P. 442) Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Pettitt, R. W., Clark, I. E., Ebner, S. M., Sedgeman, D. T., & Murray, S. R. (2013). Gas Exchange Threshold and VO₂max Testing for Athletes: An Update. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 549-555.
- Platonov, V. (1988). *El entrenamiento deportivo, teoría y metodología*. Paidotribo.
- Shephard, R. J. & Astrand, P. O. (1996). *La resistencia en el deporte*. Paidotribo. Barcelona.
- Sjodin, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2(1), 23-26
- Skiba, P. F., Chidnok, W., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2012). Modeling the expenditure and reconstitution of work capacity above critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(8), 1526-1532.
- Tanner, R. K., Fuller, K. L., & Ross, M. L. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*, 109(3), 551-559.
- Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sport Sciences*.

- Verjoshanski, I. V. (1990). *Entrenamiento deportivo: planificación y programación*. Ediciones Martínez Roca.
- Weineck, J. (1988). *Entrenamiento óptimo: Cómo lograr el máximo rendimiento*. Hispano Europea.
- Zadow, E. K., Kitic, C. M., Wu, S. S., Smith, S. T., & Fell, J. W. (2016). Validity of Power Settings of the Wahoo KICKR Power Trainer. *International Journal of Sports physiology and Performance*, 11(8), 1115-1117.

