



universidad
de león



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

Curso Académico 2017/2018

VALIDACIÓN DEL USO DE LA POTENCIA AERÓBICA MÁXIMA
COMO MEDIO DE ESTIMACIÓN DE LOS UMBRALES
VENTILATORIOS

Validation of the use of maximal aerobic power as a means of
estimation of the ventilatory thresholds

Autor/a: Juan Pablo Pérez Gutiérrez

Tutor/a: José Antonio Rodríguez Marroyo

Fecha: 02/06/2018

VºBº TUTOR/A

VºBº AUTOR/A

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
I. Metodologías lácticas	6
II. Metodologías ventilatorias	7
III. Otras metodologías para determinar los umbrales.....	8
OBJETIVOS Y COMPETENCIAS	10
Competencias generales	10
Competencias específicas	11
METODOLOGÍA.....	12
I. Sujetos	12
II. Diseño experimental	12
III. Análisis estadístico	13
RESULTADOS.....	15
CONCLUSIONES.....	20
VALORACIÓN PERSONAL	21
BIBLIOGRAFÍA	22

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue validar una metodología sencilla de estimación de los umbrales ventilatorios basada en la potencia aeróbica máxima alcanzada en un test incremental máximo. Para ello, el estudio se dividió en dos fases. En la primera fase, 85 sujetos realizaron una prueba de esfuerzo incremental en cicloergómetro. Se determinó el porcentaje de la potencia máxima alcanzada en el test donde se calcularon los umbrales ventilatorios. En la segunda fase de este estudio se realizó una validación transversal. Para lo cual, 11 sujetos que no habían participado en la primera fase realizaron un test incremental para conocer su potencia aeróbica máxima. Posteriormente los sujetos realizaron tres pruebas de máximo estado estable de lactato. Las intensidades a las que se realizaron estas pruebas se determinaron teniendo en cuenta el porcentaje de la potencia máxima al que aparecieron los umbrales en la primera fase del estudio. Así, una prueba se realizó a la potencia estimada del umbral aeróbico, otra a la potencia estimada del umbral anaeróbico, y una última un 10% por debajo de la potencia del umbral anaeróbico. Los resultados de este estudio mostraron un estado estable de lactato en las pruebas realizadas a la intensidad del umbral aeróbico y la prueba realizada un 10% por debajo del umbral anaeróbico. En conclusión, la utilización de un porcentaje de la potencia máxima alcanzada en una prueba incremental puede ser utilizado para estimar los umbrales ventilatorios de manera sencilla. Nuestros resultados indican que en torno al 50% y 70% de la potencia máxima pueden situarse los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico, respectivamente.

Palabras clave: Resistencia, umbral aeróbico, umbral anaeróbico, test incremental.

ABSTRACT

The objective of the present study was to validate a simple methodology for estimating ventilatory thresholds based on the maximum aerobic power achieved in a maximum incremental test. For this, the study was divided into two phases. In the first phase, 85 subjects performed an incremental exercise test on a cycle ergometer. It was determined the percentage of the maximum power reached in the test where the ventilatory thresholds were calculated. In the second phase of this study, a transversal validation was carried out. In this sense, 11 subjects who had not participated in the first phase performed an incremental test to know their maximum aerobic power. Subsequently, the subjects performed three tests of maximum lactate steady state. The intensities at which these tests were carried out were determined taking into account the percentage of the maximum power at which the thresholds appeared in the first phase of the study. Accordingly, one test was performed at the estimated power of the aerobic threshold, another at the estimated power of the anaerobic threshold, and one last 10% below the power of the anaerobic threshold. The results of this study showed a lactate steady state in the tests performed at the intensity of the aerobic threshold and the test performed 10% below the anaerobic threshold. In conclusion, the use of a percentage of the maximum power reached in an incremental test can be used to estimate ventilatory thresholds easily. Our results indicate that aerobic and anaerobic thresholds can be located around 50% and 70% of the maximum power, respectively.

Key Words: resistance, aerobic threshold, anaerobic threshold, incremental test.

INTRODUCCIÓN

Nuestro organismo necesita metabolizar los nutrientes y así obtener energía no solo para mantener unas condiciones basales, sino también para realizar cualquier actividad física. La cantidad de energía necesaria para cada individuo dependerá de sus características (peso, edad, sexo...) pero también de la medida en que realice actividad física y la intensidad que esta conlleve, por lo que es necesario un equilibrio entre los nutrientes ingeridos y la producción de energía (Cervera, Clapés, & Rigolfas, 2001). Existen varias vías metabólicas para obtener energía en función del tipo de actividad física que se realice. El metabolismo oxidativo o la vía metabólica aeróbica supone una serie de reacciones químicas en el organismo que utilizan oxígeno (O_2), para la oxidación de los nutrientes y así obtener energía a largo plazo. Mientras que las vías metabólicas anaeróbicas (láctica o glucolítica y aláctica) no utilizan O_2 para obtener energía, y esta es producida a corto plazo (Baker, McCormick, & Robergs, 2010; McArdle, Katch, & Katch, 2004). El uso de cada vía metabólica será mayor o menor, y de forma coordinada entre ellas, en función de la interacción entre intensidad y duración del ejercicio, o sea que su utilización es combinada y relativa a estas variables, por lo que cada vía metabólica predomina a diferentes intensidades y duraciones del ejercicio (Baker et al., 2010). En diferentes situaciones puede resultar útil conocer aspectos concretos del metabolismo de determinados sujetos. Por ejemplo a la hora de prescribir ejercicio, o conocer la capacidad aeróbica, ya sea para deportistas, atletas, sujetos sedentarios, sujetos sanos, o sujetos con enfermedades crónicas (Meyer, Lucía, Earnest, & Kindermann, 2005).

El indicador más utilizado, fiable y directo para valorar la capacidad aeróbica es el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$), ya que constata el límite fisiológico de transporte y utilización del O_2 . Por tanto, cuanto mayor sea este, en deportes de resistencia especialmente, mayor rendimiento puede presentar el deportista. El $VO_{2máx}$ está condicionado por los sistemas pulmonar, cardiovascular y muscular (Bazán, 2014; Martínez, 1985). Además se ve afectado por diferentes factores como son la herencia genética, la edad, el sexo, el tamaño y composición corporal, el tipo de ejercicio y el tipo de fibras musculares que requiere, el grado de maduración y de salud, la altitud, la temperatura, el entrenamiento y la eficacia mecánica y el coste energético (Bazán, 2014; Martínez, 1985; Zurita, 2009).

El $VO_{2máx}$ tiene una relación directa con la potencia aeróbica máxima (PAM) entendida como "la máxima potencia que puede desarrollar un organismo en un estado aeróbico" (asociado al ciclismo), y de modo similar con la velocidad aeróbica máxima (VAM), que supone la máxima velocidad de desplazamiento (asociado a atletismo y natación) que un organismo puede desarrollar para un consumo máximo de O_2 (Bazán, 2014).

Dentro de la valoración de la cualidad aeróbica, además de la capacidad aeróbica indicada por el $VO_{2m\acute{a}x}$, existen otros aspectos que también están relacionados entre sí y en conjunto con el metabolismo oxidativo, como son la resistencia aeróbica (umbrales) y la economía del gesto (Ogueta-Alday & García-López, 2016). La resistencia aeróbica es la capacidad de mantener una determinada intensidad durante el mayor tiempo posible sin sobrepasar el umbral anaeróbico, ni fatigarse. Para la valoración de la resistencia aeróbica se utilizan los umbrales como indicadores y/o separadores de tres zonas de diferente intensidad. Estas están marcadas por transiciones en el metabolismo, que se producen por diferentes cambios fisiológicos en el proceso de un esfuerzo incremental continuo (Esteve-Lanao, Foster, Seiler, & Lucia, 2007; Skinner & McLellan, 1980). El umbral ventilatorio (VT) o umbral aeróbico es definido como el punto donde se comienza a utilizar fuentes metabólicas anaeróbicas y las aeróbicas dejan de ser principales, que está en relación también con el primer incremento de las concentraciones de lactato en sangre sobre los valores de reposo en una prueba de esfuerzo incremental (Benito, 2004); y el umbral de compensación respiratorio (RCT) o umbral anaeróbico, es definido como el máximo estado estable de lactato (MLSS) que representa una intensidad de ejercicio sobre la cual un incremento continuo de lactato en sangre es inevitable (Beneke, 2003; Billat, Sirvent, Py, Koralsztein, & Mercier, 2003; Faude, Kindermann, & Meyer, 2009), además se considera que la potencia en MLSS es crítica, y altamente correlacionada con la PAM y el rendimiento en resistencia, permitiendo realizar un gran esfuerzo de forma prolongada, entre 30 y 60 minutos (Beneke, Leithauser, & Ochentel, 2011; Billat et al., 2003; Nakamura et al., 2009).

Por otro lado, la economía del gesto, representa la energía gastada para una determinada velocidad, intensidad o carga, de modo que cuanto menor sea el gasto mayor se considerará la economía (Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004). Se sugiere que está relacionada inversamente con el $VO_{2m\acute{a}x}$, de modo que los sujetos que utilizan un mayor $VO_{2m\acute{a}x}$ presentan una economía deficiente y viceversa (Sawyer et al., 2010). Tanto la economía como la resistencia aeróbica pueden verse mejoradas en mayor medida que el $VO_{2m\acute{a}x}$ que no es tan susceptible.

En el ámbito deportivo, determinar y conocer los umbrales del deportista es indispensable si se pretende conocer y trabajar la resistencia aeróbica de una forma metódica, y además son válidos para establecer la intensidad en diferentes ejercicios. Los test y pruebas se convierten en una herramienta fundamental para el entrenador, preparador físico o el responsable de los deportistas a la hora de obtener información para dosificar el entrenamiento y el rendimiento deportivo (Barbosa, Chávez, Pazmiño, Revelo, & Bayesteros, 2017). Con el devenir de la investigación en este ámbito se han ido desarrollando diferentes metodologías para la determinación de los umbrales (VT y RCT),

entre las cuales destacan las metodologías lácticas y ventilatorias, no obstante, en determinados contextos pueden no resultar prácticas por los costes y aparataje que conllevan (Pitov & Leandro, 2015).

I. Metodologías lácticas

Las metodologías lácticas son consideradas directas y de considerable importancia para la determinación y predicción de los umbrales, así como del rendimiento del esfuerzo aeróbico (Faude et al., 2009). Son consideradas como el “gold standard” (estándar de oro) para la medición de MLSS (Figueira, Simões, & Denadai, 2010) pero también son invasivas, ya que se requiere una punción para la extracción de gotas de sangre para su medición, aunque esta agresión es mínima y existe una proliferación de técnicas de micro-muestras que reducen este carácter invasivo (Benito, 2004). Además, suelen conllevar unos costes moderados-bajos por el material utilizado (analizador de lactato y tiras reactivas).

Algunas de las metodologías lácticas para la determinación de VT citadas en la literatura científica son las siguientes. En una prueba incremental por acrecentamiento sobre los valores basales de lactato, en el momento en que hay un aumento igual o mayor a $0.5 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ de lactato respecto al escalón anterior (Domínguez, Garnacho-Castaño, & Maté-Muñoz, 2015; Zoladz, Rademaker, & Sargeant, 1995). Por aumento de $1 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ en los valores de lactato sobre las medidas de reposo, o sobre la media de las primeras cargas (Coyle et al., 1983; Hernando, 2007; Yoshida, Chida, Ichioka, & Suda, 1987). La metodología log-log utiliza una transformación logarítmica, del lactato en relación con la potencia o la velocidad, para mostrar un punto de inflexión donde se encuentra VT (Beaver, Wasserman, & Whipp, 1985). Hughson, Weisiger y Swanson (1987) proponen utilizar el punto donde contacta una tangente de 45° con la curva de regresión exponencial del lactato (Hernando, 2007). Cheng et al. (1992) desarrollan la metodología D-máx que utiliza el punto dónde haya más distancia respecto a la recta que une el punto menor y mayor de la curva polinómica de tercer grado del lactato (Hernando, 2007). Kindermann, Simon, y Keul (1979), LaFontaine, Londeree y Spath (1981), y Worms, Kozariszczuk y Hunger (1985) establecen concentraciones fijas de lactato como indicadoras del VT a $2 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$, a $2.2 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ y a $3.3 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente (Domínguez et al., 2015).

Para determinar el RCT a través de metodologías lácticas señalamos algunas de las que se han descrito. El test del mínimo lactato de Tegtbur, Busse y Braumann (1993) que se compone de tres fases, primero un esfuerzo supramáximo, segundo una fase de recuperación y por último un test incremental, en el punto de mínimo lactato se determina el RCT. Otra metodología sería la metodología log-log, similar a la utilizada para VT pero

eliminando los datos por debajo de este y viendo la relación entre el logaritmo de la carga y del lactato, para observar el segundo punto de inflexión del lactato donde se establece el RCT (Beaver et al., 1985). También se propone la metodología D-máx, similar que para el VT, pero uniendo desde el propio VT hasta el máximo y buscando la distancia máxima (Cheng et al., 1992). Según Hernando (2007), Keul et al. (1979) utiliza la tangente de 51° como metodología para ubicar el RCT en el punto de contacto con la curva de lactato. Stegmann, Kindermann y Schnabel (1981) desarrollan una metodología donde se realizan mediciones de lactato durante el esfuerzo progresivo y la recuperación (descanso), incluyéndolo todo en la misma gráfica con curvas polinómicas. Desde el punto máximo donde se rompe la polinómica del ejercicio, cortando la de recuperación, haciendo una tangente a la curva del lactato aparecería el RCT en el punto de corte. Según Kindermann et al. (1979), y Sjodin y Jacobs (1981) como concentraciones fijas se establece que aparece el RCT en torno a los 4 mMol·L⁻¹ (Anderson & Rhodes, 1989).

II. Metodologías ventilatorias

El incremento del lactato conlleva cambios en los parámetros ventilatorios (Hernando, 2007; Wasserman, Wilkerson, Hodgson, & Tormey, 1973). Ubicándonos dentro del ámbito deportivo, y considerando como metodologías ventilatorias a aquellas que utilizan parámetros ventilatorios como la ventilación (VE), el volumen de O₂ y del CO₂ (VO₂ y VCO₂), la presión “end-tidal” (al final de cada respiración) del O₂ y del CO₂ (PETO₂ y PETCO₂) y los equivalentes respiratorios; la literatura presenta varias metodologías para determinar los umbrales. Estas metodologías se realizan a partir de los datos obtenidos en una prueba de esfuerzo incremental con analizador de gases, que conlleva un material que supone un gran cuidado y un coste alto. Los equivalentes ventilatorios del O₂ (VE/VO₂) y del CO₂ (VE/VCO₂) nos informan por doble producto, a través de los puntos de inflexión, del VT y del RCT. Con el método V-slope, obtenemos el VT en el punto de inflexión de la relación VO₂/VCO₂ (Davis, 1985). En la relación VE/tiempo podemos observar dos puntos de inflexión para VT y RCT respectivamente (Davis, 1985; Gregg, Wyatt, & Kilgore, 2010). También se utiliza la presión al final de cada respiración para observar tanto el VT como el RCT, por las inflexiones y deflexiones que toman tanto PETO₂ como PETCO₂ respecto a la intensidad (Davis, 1985). Normalmente se utilizan y combinan varios de estos métodos para verificar los resultados y aportar mayor validez. Los equivalentes respiratorios, la presión al final de cada respiración del O₂, y la relación VE/VO₂ se consideran los métodos automáticos más fiables para detectar VT (Bisi, Stagni, & Gnudi, 2011).

Otra metodología ventilatoria del ámbito de la rehabilitación y la medicina, es el método CUSUM que establece el VT en el momento que pierde la linealidad la diferencia entre cada ventilación sucesiva (Bischoff & Duffin, 1995).

III. Otras metodologías para determinar los umbrales

Se han desarrollado métodos para determinar los umbrales y así poder prescribir ejercicio que ofrecen una mayor disponibilidad, practicidad, menor coste o menor sofisticación, con una razonable precisión de la predicción de los umbrales (Alajmi, 2017; Condello et al., 2014) que en ocasiones pueden ser utilizados también para complementar a los anteriores.

En el ámbito de la cardiología se utiliza un método de doble producto. En un esfuerzo incremental, se puede hallar el VT en la pérdida de linealidad del producto de la frecuencia cardíaca (FC) por la presión arterial sistólica (Resnik et al., 2016).

Han surgido otras metodologías dentro del ámbito deportivo como la electromiografía, con la que se pueden hallar tanto VT como RCT, aunque el material, aparataje (costoso) y técnica puede no resultar apropiado en ciertos contextos (Latasa, 2014; Lucia, Sánchez, Carvajal, & Chicharro, 1999). También aparecen métodos basados en la FC, Conconi et al. (1996) y Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti y Codeca (1982) identifican el RCT en el punto de deflexión de la FC. En esta misma línea aparecen los test TIVRE para diferentes deportes colectivos en los que además de determinar el RCT en el punto de deflexión de la FC, valoran el grado de recuperación para cada intensidad (García-Lopez, Rodríguez-Marroyo, Morante, & Villa, 2002; Vaquera et al., 2007). Surge también el Talk Test, que a través de la confortabilidad en el habla identifica tanto el VT como el RCT. El método consiste en que el sujeto recite un texto en torno a treinta palabras en cada escalón de intensidad, con tres posibles respuestas que al darse por primera vez marcaran el momento en que aparece o sobrepasamos cada umbral. Estas respuestas son, puede hablar confortablemente (+, aún no aparece VT), le cuesta hablar confortablemente, jadea, se traba (+/-; indica la aparición de VT), y por último, es incapaz de hablar confortablemente o no puede hablar (-, indica la aparición de RCT) (Reed & Pipe, 2014). También se ha propuesto utilizar la escala de esfuerzo percibido (RPE) para determinar VT en valores de 12-13 sobre veinte (Alajmi, 2017; Feriche, Chicharro, Vaquero, Pérez, & Lucía, 1998). Burnley, Doust y Vanhatalo (2006) proponen un test de 3 minutos tipo "All-out", donde identificaríamos RCT en la media de los treinta últimos segundos de prueba.

Por último, Condello et al. (2014) propone una metodología que se basa en estimar los umbrales a un porcentaje fijo de la VAM, presenta un porcentaje $\leq 64\%$ de la VAM para VT, y

≥86% de la VAM para RCT. Aun así expresa que son necesarias más investigaciones para verificar este tipo de correlaciones.

Como se expone, en cuanto a valoración de los umbrales existen diferentes metodologías para su determinación. Cada metodología conlleva unos materiales y dispositivos que suponen unos costes, y aquí surge una demanda de metodologías más accesibles, de menor coste y menos sofisticadas que permitan conocer los umbrales. Principalmente, con el fin de prescribir ejercicios a determinadas intensidades. Con esta intención se proponen la mayoría de estas metodologías alternativas por parte de los autores citados.

Hipotéticamente, se pueden establecer los umbrales a un porcentaje fijo de la PAM que está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno $VO_{2m\acute{a}x}$.

OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

El objetivo de este estudio fue validar una metodología simple para estimar los umbrales ventilatorios basada en la potencia aeróbica máxima alcanzada en un test incremental en cicloergómetro.

El desarrollo de este objetivo puede ser de gran ayuda en el campo de la prescripción y programación del ejercicio o entrenamiento en el ámbito de la salud, o rendimiento deportivo. La validación de nuevos test que no requieran la monitorización de variables que entrañen dificultad en su medición por el material o aparataje a utilizar, puede facilitar la labor de entrenadores, preparadores físicos, monitores y personal del ámbito de la salud que no cuenten con gran disposición de medios.

Además la realización del trabajo de final de grado de la titulación de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, también tiene como objetivo o finalidad reunir y utilizar los conocimientos adquiridos a lo largo de la titulación. Por lo cual, también este trabajo ha conllevado en mayor o menor medida las siguientes competencias (F.C.A.F.D., 2018):

Competencias generales

Aprendizaje de conocimientos disciplinares básicos (saber):

- Adquirir la formación científica básica aplicada a la actividad física y al deporte en sus diferentes manifestaciones.
- Conocer y comprender los efectos y los factores fisiológicos y biomecánicos que condicionan la práctica de la actividad física y del deporte.

Aprendizaje de los conocimientos aplicados (saber hacer específico)

- Aplicar los principios fisiológicos, biomecánicos, comportamentales y sociales a los diferentes campos de la actividad física y del deporte.

Aprendizaje de las destrezas instrumentales (saber hacer común)

- Comprender la literatura científica del ámbito de la actividad física y del deporte.
- Saber aplicar las tecnologías de la información y comunicación al ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Desarrollar competencias para el aprendizaje autónomo y la adaptación a las nuevas situaciones.

Competencias específicas

- Comprender y describir los procesos fisiológicos, su regulación e integración y como dichos procesos contribuyen al mantenimiento de la homeostasis.
- Tener una visión general de los sistemas energéticos durante el ejercicio y conocer los factores de los que depende la utilización de cada uno de ellos.
- Interpretar resultados y controlar variables utilizando diferentes métodos y técnicas instrumentales de medición o estimación, tanto de laboratorio como de campo, y aplicarlas en sus futuras tareas profesionales en diferentes grupos de población: docencia, salud, entrenamiento y rendimiento deportivo.
- Comprender y utilizar literatura científica en lengua extranjera: inglés.
- Redactar, exponer y citar conocimientos de la literatura científica correctamente referenciados.

METODOLOGÍA

I. Sujetos

En la primera fase del estudio participaron 35 sujetos saludables (73.0 ± 5.6 kg, 178.1 ± 4.2 cm, 23.3 ± 4.5 años), que practicaban actividad física de forma regular (al menos tres días por semana 40 min) y 50 triatletas (70.0 ± 7.1 kg, 175.7 ± 5.4 cm, 24.8 ± 6.2 años). En la segunda fase del estudio (validación transversal) participaron 11 sujetos activos y saludables (72.3 ± 7.4 kg; 175.5 ± 7.5 cm; 22.2 ± 1.7 años) que no habían participado en la fase previa. Todos los sujetos participaron de manera voluntaria en el estudio.

II. Diseño experimental

El estudio estuvo dividido en dos fases. En la primera fase 85 sujetos fueron sometidos a una prueba de esfuerzo incremental hasta el agotamiento en cicloergómetro, para determinar los umbrales ventilatorios y su relación con la PAM. Posteriormente, teniendo en cuenta el porcentaje de la PAM al que se determinaron los umbrales, se realizó una segunda fase de validación transversal (Orozco & Camargo, 1997) en 11 sujetos. Durante esta fase los sujetos realizaron una primera prueba de esfuerzo hasta el agotamiento en cicloergómetro, para conocer su PAM. Posteriormente, se realizaron tres test de máximo estado estable de lactato (MLSS) (Beneke, 2003; Beneke et al., 2011; Palmer, Potteiger, Nau, & Tong, 1999). En el primer test se fijó la potencia en el límite inferior del intervalo de confianza (IC) al 95% del porcentaje de PAM para el VT, dónde se calculó el VT de la primera fase del estudio. El segundo test se fijó en el límite inferior de IC95% a la potencia correspondiente al porcentaje detectado de la PAM para RCT. El último test se realizó un 10% por debajo de la intensidad fijada en el segundo test con la intención de hallar la intensidad donde todos los sujetos tuvieran un estado estable de lactato.

- ***Test incremental:*** tras 10 min de calentamiento a 50 W en el cicloergómetro y realizar estiramientos, se comenzó cada test a 50 W y aumentando 25 W cada minuto hasta que no pudieron mantener la carga fijada. Durante el test se monitorizó la FC (Polar Vantage NV, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) cada 5 s y los gases respirados respiración a respiración (Medisift Ergocard, Medisoft Group, Sorinnes, Bélgica). Además, en los últimos 10 s de cada escalón del test

se registró la percepción subjetiva de esfuerzo. Únicamente en la primera fase del estudio se procedió a el análisis de los gases respirados, así se pudo determinar los umbrales ventilatorios atendiendo a la metodología de Davis (1985). Se determinó el VT en el punto donde se produjo un aumento del VE/VO₂ y la PETO₂ sin un aumento del VE/VCO₂. Se determinó el RCT en el punto donde se determinó un incremento del VE/VCO₂, junto con un descenso de la PETCO₂.

- Test de MLSS: el test consistió en pedalear 30 min a la carga de trabajo fijada a una cadencia de pedaleo de 80 rpm. Durante la prueba se registró cada 5 min la FC (Polar Vantage NV, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia), la RPE y la habilidad de los sujetos para hablar de manera comfortable. Esta habilidad fue codificada como 1, 2 y 3 si los sujetos hablaban de manera comfortable, si tenían cierta dificultad para hablar de manera comfortable y si no pudieron hablar de manera comfortable, respectivamente. Por último, se analizó la concentración de lactato (Lactate Scout, Senslab, Leipzig, Alemania) al inicio del test y cada 10 min. Para ello, se realizó una punción en el lóbulo de la oreja. Se consideró que hubo estado estable de lactato cuando el incremento de éste en los últimos 20 min de la prueba fue <1 mMol·L⁻¹ (Beneke, 2003; Palmer et al., 1999). Cada test se realizó en días diferentes, con al menos 48 h de diferencia, se requirió a los sujetos que realizaran una dieta rica en hidratos de carbono y que realizaran un ejercicio liviano el día anterior a las pruebas. Durante la prueba se permitió a los sujetos beber agua a voluntad.

III. Análisis estadístico

Los resultados se expresan como media ± desviación estándar. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la muestra. Los valores objetivo para el VT y RCT fueron calculados teniendo en cuenta el límite inferior del intervalo de confianza al 95% del porcentaje de la potencia máxima al que se determinaron el VT y RCT en la prueba incremental de la primera fase del estudio. Estos valores fueron tomados en consideración para realizar los test de estado estable de la fase 2. En esta última fase, un análisis de la varianza (ANOVA) de medias repetidas fue realizado para evaluar el efecto del tiempo de prueba en las variables analizadas. Las diferencias entre medias fueron establecidas aplicando la prueba de Bonferoni. La asunción de esfericidad fue determinada usando el test de Mauchly. Cuando esta asunción fue violada se realizó el ajuste de Greenhouse-Geisser. La comparación de

los valores de intensidad hallados en los umbrales ventilatorios en la fase 1 del estudio y los analizados al finalizar el test de máximo estado estable de lactato se realizó por medio de una prueba t de Student para muestras independiente) Valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos. Además, se calculó la eta parcial al cuadrado (η^2) para valorar el tamaño del efecto. Valores de 0.01, 0.06 y 0.14 fueron considerados pequeños, moderados y grandes, respectivamente. Se usó el software estadístico SPSS+ v.24.0 para este análisis.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de esfuerzo realizada a los sujetos en la primera parte del estudio. El intervalo de confianza al 95% del porcentaje con respecto a la potencia máxima a la que se determinaron el RCT y el VT fue 77.4 – 79.1% y 51.3 – 53.3%, respectivamente. Por ello, los valores seleccionados para realizar los test de máximo estado estable de lactato en la segunda fase del estudio fueron 77 y 51% de la potencia máxima alcanzada en el test incremental.

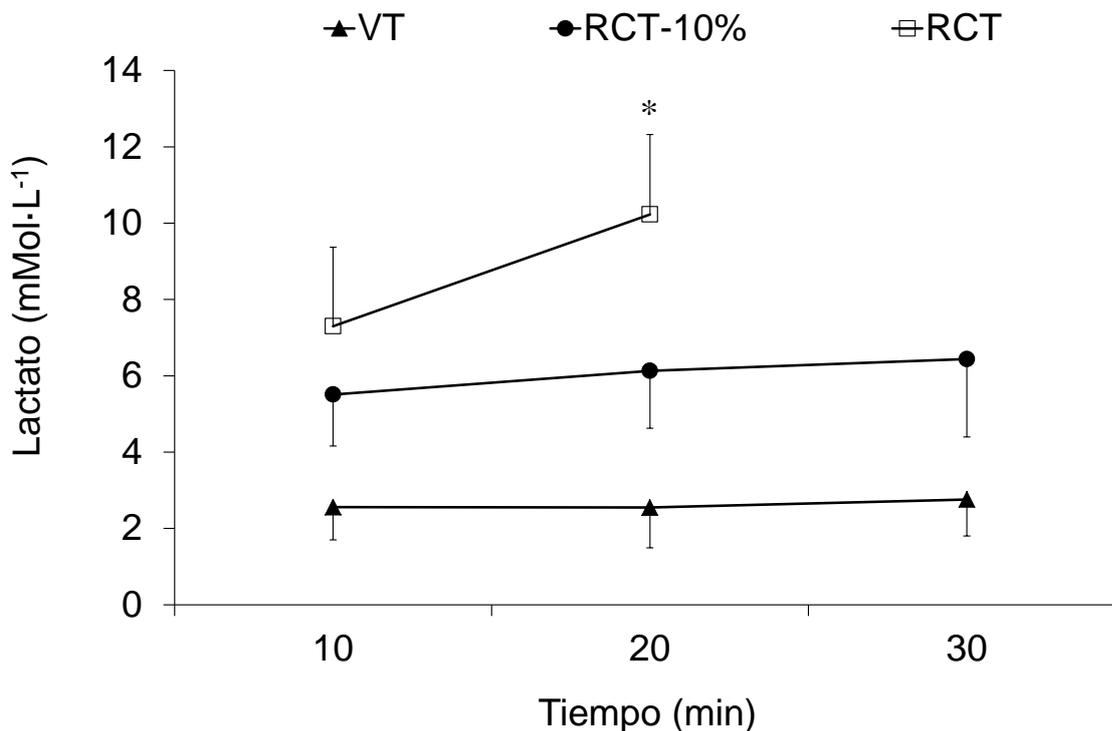


Figura 1. Evolución de la concentración de lactato durante los test de 30 min realizados a la potencia del umbral aeróbico (VT), umbral anaeróbico (RCT) y un 10% menos de la potencia a la que se estableció el umbral anaeróbico (RCT-10%). Valores expresados como media \pm SD. *, diferencias significativas con 10 min ($p < 0.05$).

En la fase 2, todos los sujetos alcanzaron el criterio establecido para considerar que hubo un estado estable de lactato, ya que la concentración de lactato incremento < 1 mMol·L⁻¹ en los últimos 20 min del test (Figura 1). Globalmente, el mismo comportamiento se obtuvo cuando los sujetos realizaron la prueba un 10% por debajo del umbral anaeróbico. Únicamente, 2 de los 11 sujetos que participaron en esta fase no cumplieron el criterio de estabilidad del lactato (i.e., la concentración se elevó > 1 mMol·L⁻¹ en los últimos 20 min del test). Esta circunstancia aconteció en todos los sujetos cuando realizaron la prueba en la potencia a la

que se estimó el umbral anaeróbico (Figura 1). Se analizó un efecto de interacción del tiempo en la concentración de lactato ($F=40.64$; $p<0.01$; $\eta_p^2=0.87$). Únicamente un sujeto fue capaz de completar los 30 min de test, el tiempo medio de prueba fue de 18.4 ± 0.2 min.

Tabla 1. Resultados obtenidos en la prueba incremental máxima realizada en la primera parte del estudio.

	Media \pm SD
VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	56.0 ± 6.8
Potencia _{max} (W)	348.9 ± 47.7
Potencia _{max} ($W \cdot kg^{-1}$)	5.0 ± 0.8
FC _{max} (ppm)	182 ± 10
VO_{2RCT} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	45.2 ± 6.3
% VO_{2max}	80.6 ± 5.2
Potencia _{RCT} (W)	272.8 ± 40.2
Potencia _{RCT} ($W \cdot kg^{-1}$)	4.0 ± 0.9
%Potencia _{max}	78.2 ± 4.8
FC _{RCT} (ppm)	165 ± 11
%FC _{max}	90.6 ± 2.6
RPE _{RCT}	6.2 ± 1.3
VO_{2VT} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	34.1 ± 5.5
% VO_{2max}	60.8 ± 5.7
Potencia _{VT} (W)	182.4 ± 31.4
Potencia _{VT} ($W \cdot kg^{-1}$)	2.7 ± 0.6
%Potencia _{max}	52.3 ± 5.8
FC _{VT} (ppm)	141 ± 13
%FC _{max}	77.4 ± 4.4
RPE _{VT}	3.1 ± 1.0

FC, frecuencia cardiaca; RCT, umbral de compensación respiratoria (umbral anaeróbico); RPE, percepción subjetiva del esfuerzo; VT, umbral ventilatorio (umbral aeróbico).

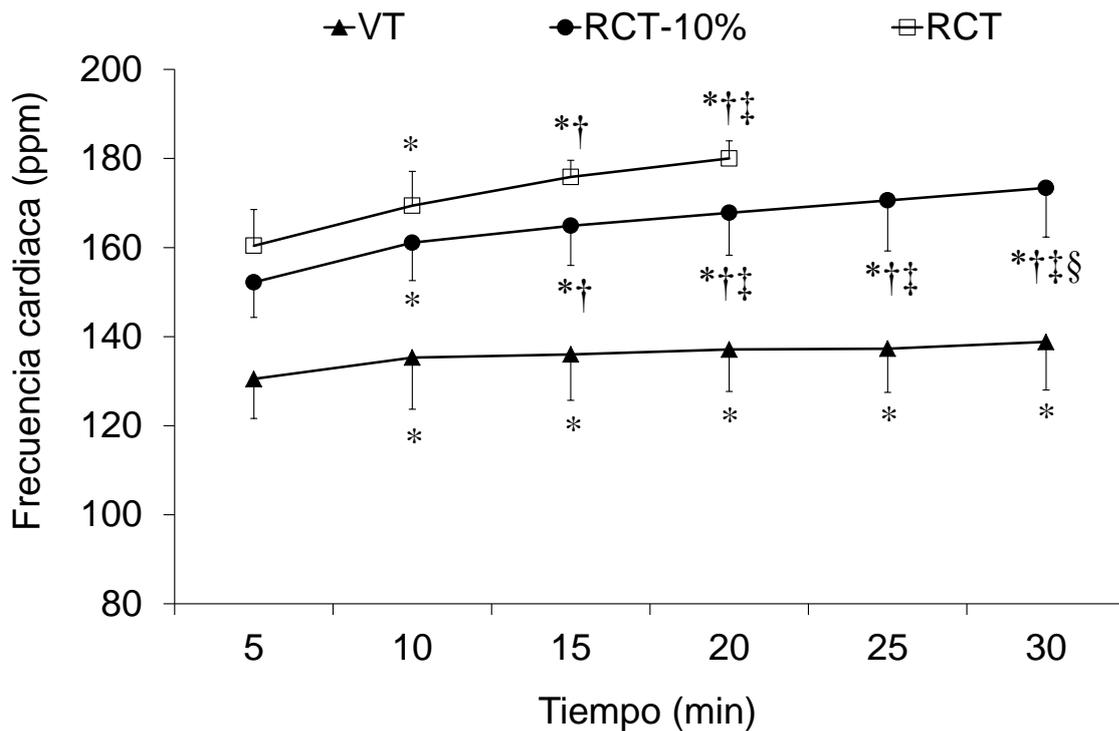


Figura 2. Comportamiento de la frecuencia cardiaca durante los test de 30 min realizados a la potencia del umbral aeróbico (VT), umbral anaeróbico (RCT) y un 10% menos de la potencia a la que se estableció el umbral anaeróbico (RCT-10%). Valores expresados como media \pm SD. *, diferencias significativas con 5 min ($p < 0.05$). †, diferencias significativas con 10 min ($p < 0.05$). ‡, diferencias significativas con 15 min ($p < 0.05$). §, diferencias significativas con 20 min ($p < 0.05$).

El tiempo de prueba afectó a la frecuencia cardiaca cuando los sujetos realizaron el test a intensidad del umbral aeróbico ($F=13.80$; $p < 0.001$; $\eta_p^2=0.61$), anaeróbico ($F=50.50$; $p < 0.001$; $\eta_p^2=0.91$) y a un 10% por debajo de éste ($F=63.52$; $p < 0.001$; $\eta_p^2=0.88$) (Figura 2). La frecuencia cardiaca media analizada en los últimos 20 min de prueba a intensidad del umbral aeróbico y un 10% por debajo del anaeróbico representó el 74.2 ± 4.0 y $91.4 \pm 2.1\%$, respectivamente. En estas condiciones el porcentaje de la frecuencia cardiaca a los 10 y 30 min de prueba fue de 73.1 ± 4.4 a $75.0 \pm 4.7\%$ y de 87.1 ± 2.0 a $93.7 \pm 2.6\%$ en ambas condiciones, respectivamente. A los 10 min de prueba los sujetos a la potencia estimada del umbral anaeróbico alcanzaron un $91.7 \pm 5.0\%$ de la frecuencia cardiaca máxima y se elevó al $96.5 \pm 4.1\%$ al final de la prueba.

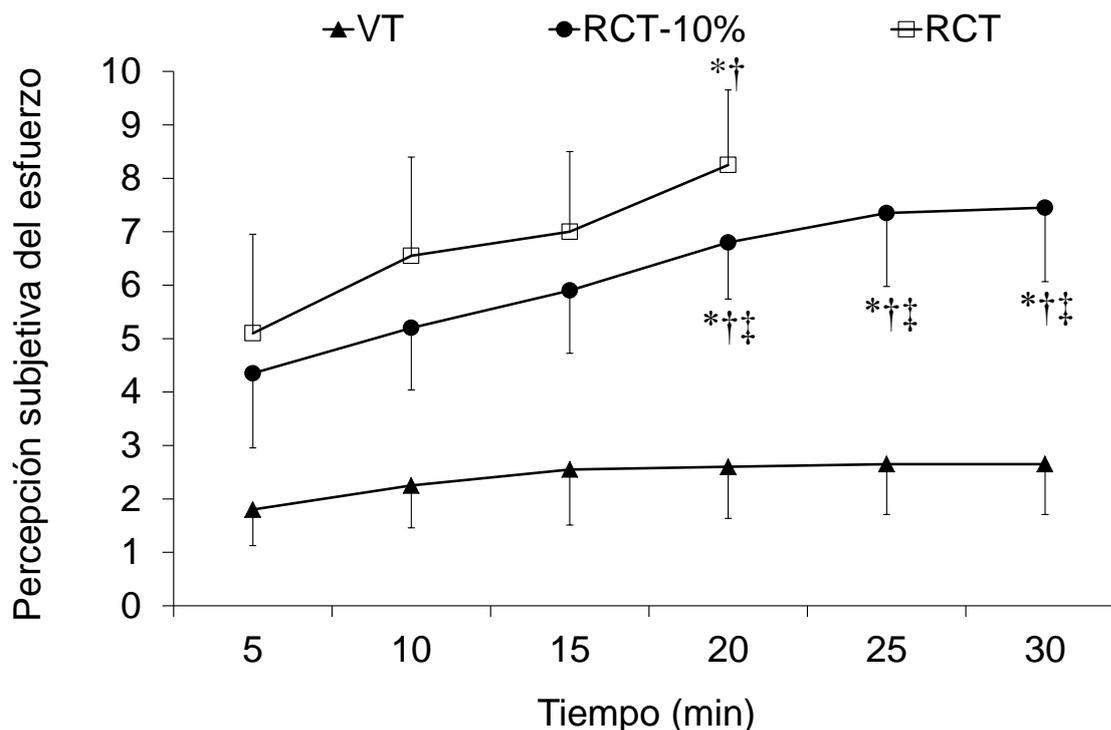


Figura 3. Percepción subjetiva del esfuerzo durante los test de 30 min realizados a la potencia del umbral aeróbico (VT), umbral anaeróbico (RCT) y un 10% menos de la potencia a la que se estableció el umbral anaeróbico (RCT-10%). Valores expresados como media \pm SD. *, diferencias significativas con 5 min ($p < 0.05$). †, diferencias significativas con 10 min ($p < 0.05$). ‡, diferencias significativas con 15 min ($p < 0.05$).

La percepción subjetiva del esfuerzo fue similar a lo largo de toda la prueba a intensidad del umbral aeróbico (Figura 3). Los valores finales analizados (2.6 ± 0.9) estuvieron por debajo del esfuerzo moderado (puntuación de 3). Además, bajo esta intensidad todos los sujetos fueron capaces de hablar confortablemente a lo largo del test (Figura 4). El esfuerzo percibido en los últimos 20 min del test realizado un 10% del umbral anaeróbico estimado se incrementó significativamente ($F=22.94$; $p < 0.001$; $\eta_p^2=0.72$) (Figura 3). La puntuación media analizada al final del test (7.5 ± 1.4) fue ligeramente superior a la puntuación que delimita la franja de intensidad dura y muy dura (i.e., 7). El tiempo de prueba también afectó significativamente a las puntuaciones analizadas a intensidad del umbral anaeróbico ($F=23.70$; $p < 0.001$; $\eta_p^2=0.83$). Todos los sujetos acabaron la prueba con puntuaciones superiores a 8.5 puntos. A los 10 min de la prueba realizada un 10% por debajo del umbral anaeróbico todos los sujetos manifestaron ciertas dificultades para hablar de manera confortable, excepto 2 sujetos que pudieron hablar confortablemente. Al final de prueba 8 de 11 sujetos continuaron teniendo problemas para hablar confortablemente y los 3 restantes

sujetos no pudieron hablar de manera confortable (Figura 4). En la prueba a ritmo del umbral anaeróbico todos los sujetos acabaron el test sin poder hablar de manera confortable.

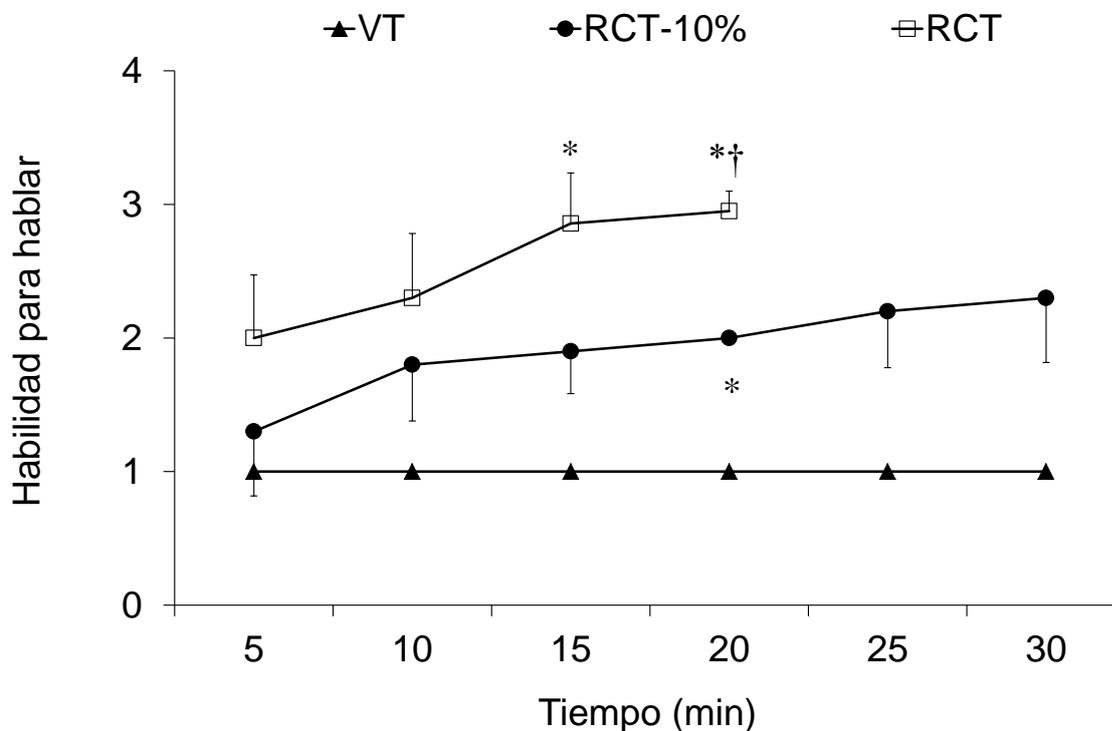


Figura 4. Habilidad para hablar de los sujetos durante los test de 30 min realizados a la potencia del umbral aeróbico (VT), umbral anaeróbico (RCT) y un 10% menos de la potencia a la que se estableció el umbral anaeróbico (RCT-10%). Valores expresados como media \pm SD. Un valor de 1, 2 y 3 indica que los sujetos fueron capaces de hablar confortablemente, tuvieron dificultades o no pudieron hablar confortablemente, respectivamente. *, diferencias significativas con 5 min ($p < 0.05$). †, diferencias significativas con 10 min ($p < 0.05$). ‡, diferencias significativas con 15 min ($p < 0.05$).

La intensidad relativa (i.e., % de la frecuencia cardiaca máxima) analizada a los 30 min de la prueba que se realizó a la potencia estimada del umbral aeróbico ($75.0 \pm 4.7\%$; intervalo de confianza al 95% = 72.3-77.8%) fue similar a los valores analizados en la fase 1 (Tabla 1). Sin embargo, los valores analizados en la prueba de estado estable realizada un 10% por debajo de la estimación del umbral anaeróbico fueron significativamente más elevados ($93.7 \pm 2.6\%$; intervalo de confianza al 95% = 88.5-95.2%). El mismo comportamiento fue observado en la percepción subjetiva del esfuerzo. Los valores hallados fueron de 2.7 ± 0.9 (intervalo de confianza al 95% = 2.1-3.2) y 7.4 ± 1.4 (intervalo de confianza al 95% = 4.7-8.3), respectivamente. Tanto la frecuencia cardiaca (%) como los valores de percepción subjetiva del esfuerzo hallados en los umbrales ventilatorios en la fase 1 estuvieron dentro del intervalo de confianza al 95% de estas variables al finalizar el test de 30 min.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que el umbral aeróbico y anaeróbico pueden ser estimados aproximadamente al 50 y 70% de la potencia aeróbica máxima. Por debajo de estas cargas los sujetos mostraron un estado estable de lactato. Sin embargo, a intensidades del 77% de la potencia aeróbica máxima los sujetos mostraron un incremento sustancial de los niveles de lactato.

La validación de esta metodología sencilla y de bajo coste podría ser de gran ayuda en el ámbito de la salud y rendimiento deportivo para prescribir el ejercicio o el entrenamiento de manera más específica y científica. Sin embargo, futuros trabajos deberían especificar las intensidades concretas para estimar los umbrales en función del deporte practicado (e.g., ciclismo, triatlón). Una posible limitación de este estudio fue la baja muestra empleada durante la fase de validación transversal. Por lo que sería necesario que otras investigaciones complementaran estos hallazgos aumentando la muestra de la fase de validación. Además, estos trabajos podrían concretar de manera más específica el porcentaje de la potencia máxima al que aparecen los umbrales.

VALORACIÓN PERSONAL

Este trabajo de final de grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte me ha supuesto una gran aportación en diferentes sentidos de aprendizaje y una experiencia positiva y auténtica.

El desarrollo del trabajo ha sido útil para consolidar y aumentar las competencias relativas tanto a las prácticas en laboratorio como a la realización práctica del propio trabajo escrito. Y ha supuesto el aprendizaje de características de la logística general que conlleva realizar un estudio experimental con carácter científico, así como de las diferentes partes que conforman este tipo de estudios.

He experimentado como llevar a cabo una metodología concreta, tratar con los sujetos, analizar datos, interpretarlos y extraer conclusiones. Específicamente ha habido un contacto directo y práctico con las metodologías de valoración de los umbrales, tanto ventilatorias, como lácticas; como el uso de otras herramientas: la escala de esfuerzo percibido, frecuencia cardiaca y confortabilidad en el habla. También ha servido para la búsqueda, comprensión (en español e inglés), análisis y síntesis de la literatura científica en el ámbito fisiológico-deportivo, y para la posterior redacción con el uso de un registro objetivo, científico y correctamente referenciado, enmarcado en este tipo de literatura.

En lo más personal, me he sentido motivado hacia el trabajo porque el tema tratado y objetivo buscado me ha resultado muy interesante y con una posible practicidad para el ámbito deportivo. Además la dinámica o proceso de realización del trabajo tanto en su parte más práctica como en la teórica, ha resultado cómoda, con buena comunicación, disponibilidad de medios y facilitación para la correcta y positiva elaboración del trabajo, en la mayor parte de los casos por la ayuda y orientación del tutor. Esto ha supuesto que personalmente presente una actitud abierta, positiva y motivada hacia este trabajo.

Por último, aprovecho para agradecer en primer lugar a mi familia, especialmente a mis padres por apoyarme en los estudios que he realizado, y por el esfuerzo diario que llevan a cabo para que pueda realizarlos. Y por otro lado a los profesores de este grado, que me han impartido clase y me han ofrecido sus conocimientos, especialmente al tutor que me ha ayudado, orientado y que ha presentado un trato cercano a lo largo de toda la realización de este trabajo. Muchas gracias.

BIBLIOGRAFÍA

- Alajmi, R. A. (2017). Comparison of non-maximal test for exercise prescription and outcome assessment. *Tesis doctoral*. UNIVERSITY OF WISCONSIN-LA CROSSE.
- Anderson, G. S., & Rhodes, E. C. (1989). A Review of Blood Lactate and Ventilatory Methods of Detecting Transition Thresholds. *Sports Medicine*, 8(1), 43–55.
- Baker, J. S., McCormick, M. C., & Robergs, R. A. (2010). Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2010, 1–13.
- Barbosa, J. N., Chávez, G., Pazmiño, O. X., Revelo, L. P., & Bayesteros, T. Y. (2017). LOS TEST DE VALORACIÓN DEPORTIVA. *Revista Órbita Pedagógica*, 121–128.
- Bazán, N. (2014). Consumo de oxígeno. Definición y características. *ISDe Sports Magazine*, 6(20), 1–6.
- Beaver, W. L., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *Journal of Applied Physiology*, 59(6), 1936–1940.
- Beneke, R. (2003). Maximal lactate steady state concentration (MLSS): Experimental and modelling approaches. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4–5), 361–369.
- Beneke, R., Leithauser, R. M., & Ochentel, O. (2011). Blood Lactate Diagnostics in Exercise Testing and Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 8–24.
- Benito, P. B. (2004). *Estudio del modelo respiratorio : Nuevo método de determinación de los umbrales ventilatorios*. Tesis doctoral. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- Billat, V. . L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J. P., & Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(6), 407–426.
- Bischoff, M. M., & Duffin, J. (1995). An aid to the determination of the ventilatory threshold. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(1), 65–70.
- Bisi, M. C., Stagni, R., & Gnudi, G. (2011). Automatic detection of maximal oxygen uptake and ventilatory threshold. *Computers in Biology and Medicine*, 41(1), 18–23.
- Burnley, M., Doust, J. H., & Vanhatalo, A. (2006). A 3-min all-out test to determine peak

- oxygen uptake and the maximal steady state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1995–2003.
- Cervera, P., Clapés, J., & Rigolfas, R. (2001). Concepto de energía. In *Alimentación y dietoterapia* (4^a, pp. 1–17). Madrid: McGRAW-HILL - INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A. C., Keizer, H. A., Jeukendrup, A., & Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 13(07), 518–522.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P., & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52(4), 869–873.
- 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, 509–519.
- Condello, G., Reynolds, E., Foster, C., De Koning, J. J., Casolino, E., Knutson, M., & Porcari, J. P. (2014). A simplified approach for estimating the ventilatory and respiratory compensation thresholds. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(2), 309–314.
- 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: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 54(1), 18–23.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17(1), 6–18.
- Domínguez, R., Garnacho-Castaño, M. V., & Maté-Muñoz, J. L. (2015). Metodología de determinación de la transición aeróbica-anaeróbica en la evaluación funcional. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 32(6), 395–401.
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 943–949.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*, 39(6), 469–490.

- Ferliche, B., Chicharro, J. L., Vaquero, A. F., Pérez, M., & Lucía, A. (1998). The use of a fixed value of RPE during a ramp protocol. Comparison with the ventilatory threshold. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38(1), 35–38.
- Figueira, T. R., Simões, H. G., & Denadai, B. S. (2010). Maximal Lactate Steady-State Prediction The Authors ' Reply. *Sports Med*, 40(2), 179–180.
- García-Lopez, J., Rodriguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., & Villa, J. G. (2002). Creacion y aplicacion del software tvref v1.0 para la valoracion de la resistencia aerobica del futbolista mediante el test de Probst. *Revista Digital: RendimientoDeportivo.Com*, 1, 1–8.
- Gregg, J. S., Wyatt, F. B., & Kilgore, J. L. (2010). Determination of Ventilatory Threshold through Quadratic Regression Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2512–2515.
- Hernando, C. (2007). *Ergoforesis de los componentes lácticos, ventilatorios y cardiovasculares del Fenómeno Umbral. Tesis doctoral*. Universitat Jaume I - Castelló.
- Hughson, R. L., Weisiger, K. H., & Swanson, G. D. (1987). Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 62(5), 1975–1981.
- Keul, J., Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H. H., Goertler, I., & Kuebel, R. (1979). Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, 30, 212–218.
- Kindermann, W., Simon, G., & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(1), 25–34.
- LaFontaine, T. P., Londeree, B. R., & Spath, W. K. (1981). The maximal steady state versus selected running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(3), 190–193.
- Latasa, I. A. (2014). *Determinación de los umbrales, ventilatorios, metabólicos y electromiográficos durante un test de esfuerzo incremental en ciclistas de élite. Trabajo Fin de Máster*. Universidad Pública de Navarra.
- Pitov, D. & Leandro, D. (2015). Métodos de valoración del umbral anaeróbico. *Trabajo Fin de Grado*. Universitas Miguel Hernández.
- Lucia, A., Sánchez, O., Carvajal, A., & Chicharro, J. L. (1999). Analysis of the aerobic-

- anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 178–185.
- Martínez, E. L. (1985). La capacidad aeróbica. *Educación Física y Deporte*, 7(1–2), 71–77.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2004). Transferencia energética durante el ejercicio en el ser humano. In *Fundamentos de fisiología del ejercicio* (pp. 128–146). McGraw Hill - interamericana.
- Meyer, T., Lucía, A., Earnest, C. P., & Kindermann, W. (2005). A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - Theory and application. *International Journal of Sports Medicine, Supplement*, 26(1).
- Nakamura, F. Y., Okuno, N. M., Perandini, L. A. . B., de Oliveira, F. R., Buchheit, M., & Simões, H. G. (2009). Perceived exertion threshold: Comparison with ventilatory thresholds and critical power. *Science and Sports*.
- Ogueta-Alday, A., & García-López, J. (2016). Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 12(45), 278–308.
- Orozco, L. C., & Camargo, D. M. (1997). Evaluación de tecnologías diagnósticas y tipos de muestreos. *Biomédica*, 17(4), 321–324.
- Palmer, A. S., Potteiger, J. A., Nau, K. L., & Tong, R. J. (1999). A 1-day maximal lactate steady-state assessment protocol for trained runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(9), 1336–1341.
- Reed, J. L., & Pipe, A. L. (2014). The talk test: A useful tool for prescribing and monitoring exercise intensity. *Current Opinion in Cardiology*, 29(5), 475–480.
- Resnik, M., DeRoia, G., Lobo, P., Peralta, L., Saccone, F., Puga, L., ... Moreno, G. (2016). Punto de quiebre del doble producto como indicador de transición metabólica durante el ejercicio en pacientes coronarios. *Insuficiencia Cardíaca*, 11(4), 160–167.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465–485.
- Sawyer, B. J., Blessinger, J. R., Irving, B. A., Weltman, A., Patrie, J. T., & Gaesser, G. A. (2010). Walking and Running Economy: Inverse Association with Peak Oxygen Uptake. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(11), 2122–2127.

- Sjodin, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2(01), 23–26.
- Skinner, J. S., & McLellan, T. H. (1980). The Transition from Aerobic to Anaerobic Metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1), 234–248.
- Stegmann, H., Kindermann, W., & Schnabel, A. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 2(03), 160–165.
- Tegtbur, U., Busse, M. W., & Braumann, K. M. (1993). Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(5), 620–627.
- Vaquera, A., Morante, J. C., García-López, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Ávila, M. C., Mendonca, P. R., & Villa, J. G. (2007). Diseño y aplicación del test de campo TIVRE-Basket para la valoración de la resistencia aeróbica del jugador de baloncesto. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, 18, 19–40.
- Wasserman, K., Wilkerson, L., Hodgson, C. S., & Tormey, J. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35(2), 236–243.
- Worms, F., Kozariszczuk, G., & Hunger, K. L. (1985). Untersuchungen zur herzfrequenz im aerob-anaeroben ubergang bei der fahrradergometrie im mittleren und hoheren lebensalter. *Med Sport*, 25, 85–91.
- Yoshida, T., Chida, M., Ichioka, M., & Suda, Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(1), 7–11.
- Zoladz, J. A., Rademaker, A. C. . H. J., & Sargeant, A. J. (1995). Non-linear relationship between O₂ uptake and power output at high intensities of exercise in humans. *Journal of Physiology*, 488(1), 211–217.
- Zurita, R. (2009). Diferencias significativas entre el hombre y la mujer deportista en cuanto a la capacidad de rendimiento deportivo. *Revista Digital: Innovación y Experiencias Educativas*, 17, 1–8.