



universidad  
de león



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

Curso Académico 2018/2019

VALORACIÓN DE LA CUALIDAD AERÓBICA EN EL TRIATLÓN:  
EFECTO DE LA REALIZACIÓN DE DOS TEST INCREMENTALES EN  
LA SESIÓN DE VALORACIÓN

Triathlon's endurance assessment: Effect of perform two incremental test  
during the testing session

Autor/a: Sergio Matute Acitores

Tutor/a: José Antonio Rodríguez Marroyo

Fecha: 3 de Diciembre de 2018

VºBº TUTOR/A

VºBº AUTOR/A



## INDICE

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
OBJETIVOS .....	11
COMPETENCIAS.....	12
METODOLOGÍA.....	12
SUJETOS.....	12
DISEÑO EXPERIMENTAL .....	13
Protocolo de la prueba incremental en tapiz.....	13
Protocolo de la prueba incremental en cicloergómetro .....	13
Mediciones .....	14
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	14
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN .....	20
CONCLUSIONES.....	22
VALORACIÓN PERSONAL.....	23
LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto que tiene la realización de dos pruebas incrementales máximas en la misma sesión en la valoración de la calidad aeróbica de la carrera y del ciclismo. En el estudio participaron 20 sujetos que realizaron dos sesiones de valoración separadas al menos por 48 h. En ambas sesiones se efectuaron dos pruebas incrementales máximas, en cicloergómetro y tapiz rodante. Ambas pruebas estuvieron separadas por 20 min y el orden de las pruebas fue contrabalanceado. Globalmente los resultados obtenidos muestran que la valoración de la calidad aeróbica de los sujetos en tapiz rodante no se ve afectada por la realización previa de una prueba en cicloergómetro. Por el contrario, realizar la valoración en el cicloergómetro después del tapiz afectó al consumo de oxígeno y la carga de trabajo máxima alcanzada en el test. Aunque la carga de trabajo donde se determinaron los umbrales ventilatorios fue similar entre pruebas, se obtuvieron frecuencias cardíacas mayores en los umbrales ventilatorios determinados en la prueba realizada después del tapiz. El efecto que tuvo el orden de las pruebas en los resultados obtenidos desapareció cuando se analizaron los datos únicamente en los sujetos que realizaron triatlón/duatlón. En conclusión, la valoración de la calidad aeróbica a través de la realización de una prueba incremental en tapiz y cicloergómetro en la misma sesión afecta a los resultados obtenidos cuando se realiza la prueba de bicicleta en segundo lugar, sobre todo en aquellos sujetos que no tienen experiencia con el gesto deportivo. Por ello, en triatletas/duatletas poco experimentados se recomienda realizar el test en bicicleta y luego en corriendo.

**Palabras clave:** consumo de oxígeno máximo, umbrales ventilatorios, ergometría, entrenamiento.

## **ABSTRACT**

The aim of this study is to determinate the effect that has the realization of two maximum incremental tests in the same session on the aerobic quality of the carreer and cycling evaluation. The study counts with the participation of 20 fellows who performed two evaluation tests with a period of 48 hours of separation as least. Both tests consisted on two maximum incremental tests, cycloergometer and treadmill. Both tests were separated by 20 minutes and the tests' order was counterbalanced. In general, the results show that the aerobic quality evaluation of the fellows on a treadmil is not affected by the previous performance of a cycloergometer test. On the other hand, evaluating the cycloergometer test after the treadmill test affected to the oxygen consumption and the maximum workload achieved in the test. Even though the workload where the ventilatory thresholds were determinated was similar in both tests, heart rates were higher in the ventilatory thresholds determined on the test made after the treadmill one. The effect that had the tests order on the results disappeared when the results of only duathletes and triathletes were analyzed. To sum up, the aerobic quality evaluation through the performance of an incremental treadmill and cycloergometer tests on the same session affects on the results achieved when the bike's test is made secondly, mostly in those fellows who don't have experience sporting posición. Due to this fact, for triathletes and duathletes who are less experienced it is recommended to make de bike's test and then the running one.

**Keywords:** maximum oxygen uptake, ventilatory thresholds, ergometry, training.

## INTRODUCCIÓN

El triatlón es un deporte combinado que reúne los tres deportes clásicos de resistencia: natación, ciclismo y carrera a pie, siempre en ese orden y sin parar el cronometro. Como dijeron Millet y Vleck (2000), el triatlón es "un deporte, tres disciplinas y dos transiciones". Está compuesto por tres gestos cíclicos diferentes durante tres segmentos en los que el rendimiento en uno está influenciado por la fatiga progresiva acumulada. El deportista debe poseer una gran capacidad aeróbica lo que le permita mantener una tasa metabólica aeróbica elevada durante el esfuerzo (Chavaren, Dorado y López, 1996).

En este deporte se impide que el triatleta reciba cualquier tipo de ayuda externa, lo que obliga al participante a tener que solventar por sí mismo las dificultades técnicas que pudiera tener durante la prueba (pinchazos o averías, etcétera) (Cejuela, Pérez, Villa, Cortell y Rodríguez-Marroyo, 2007). El segmento de natación se realiza en aguas abiertas (mares, ríos, pantanos, etcétera), también se puede realizar en piscinas, cuando el la temperatura del agua oscila entre los 13°C y los 16°C es obligatorio el uso de traje de neopreno, a partir de ahí influye la decisión de la Federación y de la organización de la prueba. Durante la prueba de ciclismo, dependiendo de la competición está permitido "ir a rueda", drafting, o no, este aspecto influye totalmente en la prueba.

Además se encuentran las modalidades de triatlón en carretera y triatlón cross, este consiste en un sector natación (similar al triatlón convencional), un sector de ciclismo de montaña (MTB) y por último un sector de trial running o carrera de montaña. También se está comenzando a desarrollar el triatlón indoor, consiste en un triatlón que tiene lugar en una zona cerrada, como un recinto deportivo, que cuenta con una piscina, una pista de ciclismo y una pista de atletismo, o en su defecto una bicicleta estática y un tapiz rodante.

A raíz de este deporte han surgido diferentes modalidades de multideporte, según el reglamento de competiciones de triatlón por la Federación Española de Triatlón (2018): El Triatlón de Invierno consiste en realizar tres disciplinas en tres segmentos, carrera a pie, ciclismo y esquí de fondo. El Duatlón donde se realiza dos disciplinas en tres segmentos, carrera a pie, ciclismo y carrera a pie. El Acuatlón en el cual el deportista realiza dos disciplinas en tres segmentos, carrera a pie, natación y carrera a pie. En el Aquabike se realizan dos disciplinas en dos segmentos, natación y ciclismo. Por último, en el Cuadriatlón se realizan cuatro disciplinas en cuatro segmentos, natación, ciclismo, piragüismo y carrera a pie. En todas estas modalidades cabe la posibilidad de realizarse en modalidad de "cross" donde en lugar del sector de bicicleta por carretera se hace por monte con una MTB y el segmento de atletismo se sustituye por un trail de montaña.

Como principales factores de rendimiento en triatlón y sus modalidades son conseguir un elevado umbral anaeróbico al máximo porcentaje posible respecto al  $VO_{2max}$  individual, producir y eliminar elevados valores de lactato, y desarrollar una buena técnica y táctica específica (Cejuela et al., 2007).

Estas modalidades de multideportes se consideran, como antes se ha mencionado, deportes de resistencia cuyo objetivo es mantener un esfuerzo prolongado sin fatigarse. La resistencia cardiovascular supone la capacidad de realizar tareas físicas que impliquen la participación de grandes grupos musculares durante largos periodos. Se necesita una buena capacidad de funcionamiento de los sistemas circulatorio y respiratorio para ajustarse y recuperarse de los efectos del ejercicio muscular. En cuanto a la resistencia muscular representa la capacidad de los músculos de hacer unos esfuerzos o contracciones de forma repetida o de mantener una contracción muscular en una determinada posición durante un periodo de tiempo amplio (Sebastiani y González., 2000). Esta resistencia se puede presentar de dos formas, aeróbica y anaeróbica.

En cuanto a la resistencia aeróbica se define como la capacidad de realizar y mantener un esfuerzo de intensidad baja o moderada durante un largo periodo de tiempo llegando a los músculos el suficiente aporte de oxígeno. Por otro lado, la resistencia anaeróbica es la capacidad de realizar y mantener un esfuerzo intenso teniendo en cuenta que el oxígeno que llega a los músculos no es suficiente para realizar todo el ejercicio y éstos se fatigan con rapidez (Sebastiani y González, 2000; y Chavaren et al., 1996).

La capacidad aeróbica es definida por Martínez (1985), como la capacidad que posee un individuo para consumir oxígeno y que sea procesado intracelularmente marcado por la genética del sujeto, a pesar de ello mediante las exigencias físicas vigorosas y de larga duración se conseguirá aumentar las posibilidades de producir energía para estas, esto quiere decir que mediante el entrenamiento físico esta capacidad se puede aumentar. Principalmente se expresa, con fines comparativos en términos relativos, *i.e.*,  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ .

Para conocer la capacidad de resistencia aeróbica de un sujeto utilizamos la aplicación de pruebas de esfuerzo, constituyen una fuente importante de conocimiento de la respuesta integrada del organismo al esfuerzo dinámico, de manera que su uso es rutinario en los laboratorios o zonas habituales de entrenamiento. El esfuerzo regulado puede emplearse tanto desde el punto de vista fisiológico como para colaborar con el diagnóstico de aquellas patologías de órganos o sistemas implicados directamente en el esfuerzo, es decir, una parte fisiológica y otra patológica o clínica (Calderón, Benito y García, 2002).

Mediante la prueba de la ergoespirometría nos permite conocer información sobre el rendimiento deportivo del sujeto. A partir de esta prueba conocemos valores máximos, como el consumo máximo de oxígeno, y submáximos, la transición aeróbica-anaeróbica, umbral aeróbico y umbral anaeróbico. Estos valores son determinantes en los deportes de resistencia, como es el triatlón.

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) es la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir durante un tiempo determinado (Casajús, Piedrafita y Aragonés, 2009); Viana-Montaner et al., 2009). González-Parra, Mora y Hoeger (2013) afirmaron que este valor puede modificarse a través del entrenamiento, pero que a pesar de ello disminuye en función de la edad. Se dispara la concentración de lactato en sangre, así como la ventilación aumenta desproporcionadamente en comparación con el consumo de oxígeno. Es la manera más eficaz de medir la capacidad aeróbica de un deportista, se puede calcular a partir de la diferencia del oxígeno contenido entre la inhalación y la exhalación. Medido en términos absolutos ( $l \cdot m^{-1}$ ) y términos relativos ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (Viana-Montaner et al., 2009; Campos et al., 2017). Durante una prueba incremental de intensidad progresiva creciente, realizado en tapiz rodante o cicloergómetro, el consumo de oxígeno aumenta linealmente, proporcionalmente con la potencia o velocidad desarrollada hasta un valor límite que permanece constante, incluso si esta potencia o velocidad continúa aumentando (Navarro, 2017).

El  $VO_{2max}$  depende de varios parámetros fisiológicos como la cantidad de oxígeno que hay en nuestros alvéolos y el gradiente de presión, además de la magnitud de superficie de estos. También influye la cantidad de sangre que llega a los pulmones y su capacidad de transportar el oxígeno, el gasto cardíaco y la frecuencia cardíaca. Unos de los factores más importantes es la capacidad de los músculos y sus diferentes fibras musculares para utilizar el oxígeno que les llega (Lucia, Hoyos, Pérez, Santalla, y Chicharro, 2002). Un  $VO_{2max}$  elevado es uno de los requisitos para rendir a niveles de elite en competiciones de resistencia (Viana-Montaner et al., 2009). En varios estudios se ha analizado el  $VO_{2max}$  de cada segmento por separado, utilizando tests específicos y contrastando estos valores con los datos de nadadores, ciclistas y corredores se ha observado que no existen grandes diferencias (Chavaren et al. 1996). A pesar de la importancia de conseguir un valor elevado de  $VO_{2max}$ , se ha mostrado que es más importante ser capaces de mantenerlo en forma de meseta durante el mayor tiempo posible (González-Parra et al., 2013).

En cuanto a los valores submáximos, el umbral anaeróbico ( $VT_2$ ) fue definido por Wasserman, y McIlroy (1964) como la habilidad del sistema cardiovascular para aportar oxígeno a un ritmo adecuado, evitando que el músculo actúe anaeróbicamente durante el



ejercicio o lo que es lo mismo, la capacidad de mantener una intensidad de trabajo sin que se produzca un aumento de la concentración de ácido láctico que impida continuar con el ejercicio. El término umbral anaeróbico define una zona a partir de la cual los cambios producidos en el organismo limitan la duración en el tiempo del ejercicio físico. La capacidad de mantener un elevado porcentaje del consumo máximo de oxígeno se ve limitada a una intensidad de trabajo por el aumento en los niveles de concentración del lactato y el aumento desproporcionado en la ventilación (Bazán, 2014). El  $VO_{2max}$  determina el umbral anaeróbico, que en el caso del triatlón varía en las tres disciplinas situándose, en los triatletas de élite, entre el 72-76% del  $VO_{2max}$  en natación, entre el 61-81% del  $VO_{2max}$  en ciclismo y entre el 70-72% del  $VO_{2max}$  en carrera (Cejuela et al., 2007).

Algunos métodos utilizados para calcular el umbral anaeróbico, a partir de una ergoespirometría o la prueba de lactato en sangre (Benito, 2004):

- Equivalentes respiratorios: inicio del aumento del equivalente de  $CO_2$  cuando el de  $O_2$  ya ha comenzado a aumentar.
- Ventilación: durante la segunda inflexión en la ventilación.
- Presión al final de cada respiración: la presión de  $CO_2$  comienza a disminuir de manera notable, mientras que la de  $O_2$  comienza a aumentar.
- Cociente respiratorio: cociente respiratorio igual o superior de la unidad.
- MSSL: (maximal lactate steady state/ máximo estado estable del lactato): la mayor intensidad de ejercicio a la cual la concentración de lactato no se incrementa más allá del incremento inicial durante el ejercicio a carga constante.
- Cociente de ácido láctico: le segundo incremento superior a la línea de base  $0,5 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Concentraciones fijas de lactato:  $4 \text{ mMol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

El umbral ventilatorio o umbral aeróbico (UV o  $VT_1$ ), es el punto en el cual se intensifica la ventilación de forma desproporcionada respecto al  $O_2$  consumido. El umbral ventilatorio es un fenómeno fisiológico que se produce ante esfuerzos crecientes, donde empieza a participar el metabolismo anaeróbico como vía energética adicional. Al igual que el umbral anaeróbico, se puede determinar cuándo se produce mediante una ergoespirometría, la frecuencia cardíaca o el lactato medido en sangre, estos son los principales métodos (Benito, 2004):

- Punto de deflexión de la FC.
- Método V-Slope: es el punto donde la función de regresión lineal del  $VCO_2$  corta con la línea de regresión del  $VO_2$ .

- Equivalentes respiratorios: el punto inferior del equivalente de oxígeno, cuando el equivalente de CO<sub>2</sub> permanece constante o disminuye, o el incremento sistemático del equivalente de O<sub>2</sub> sin un incremento importante del equivalente de CO<sub>2</sub>.
- Ventilación: el incremento de la ventilación no proporcional a la carga.
- Presión al final de cada respiración: donde la presión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se estabiliza, pero siguen caminos distintos, la de oxígeno disminuye desde el comienzo de la prueba incremental hasta que se estabiliza, mientras que la de dióxido de carbono aumenta progresivamente hasta que se estabiliza.
- Cociente respiratorio: cambio de la pendiente del cociente respiratorio por debajo de la unidad.
- Método D-max. (ecuación polinómica de 3<sup>er</sup> orden): a partir de la curva de lactato, se une el punto más alto y el más bajo y encontramos el umbral en el punto de la línea que más se aleja a la curva de lactato.
- Concentración de ácido láctico: incremento superior a 0.5 mMol·L<sup>-1</sup> respecto al valor basal.
- Concentraciones fijas de lactato: 2 mMol·L<sup>-1</sup>.

Una vez conocidos estos valores mediante la valoración de la condición física somos capaces discriminar los deportistas en función de su nivel de rendimiento y puede incluso predecir el rendimiento. Además, la evaluación de los umbrales de lactato o de ventilación tiene implicaciones prácticas para los entrenadores y/o deportistas, ya que pueden ser utilizados para establecer zonas de entrenamiento y controlar la intensidad de las sesiones de entrenamiento (Rodríguez-Marroyo, Pernía, Villa y Foster, 2017). Conociendo el rendimiento del deportista podemos comparar resultados, tanto con otros deportistas como consigo mismo tras un periodo de tiempo con el fin de conocer si se ha conseguido la mejora buscada durante las sesiones de entrenamiento.

La medición del potencial aeróbico se hace con base en el consumo máximo de oxígeno y se efectúa a través de diversos procedimientos. Martínez (1985) y González-Parra et al. (2013) realizan una distinción entre dos procedimientos, por un lado se encuentran las pruebas directas que evalúan la cantidad de oxígeno que el sujeto consume mientras se halla conectado a un sistema analizador de gases y realiza una prueba de esfuerzo progresivo hasta el agotamiento. Por otro lado, las indirectas son aquellas evaluaciones que no miden directamente los gases, sino que a través de ejercicios unas veces máximos y otras submáximos, calculan el potencial aeróbico total aplicando relaciones establecidas de esta variable fisiológica con la frecuencia cardíaca durante el ejercicio o bien con la carga de trabajo que se realiza.

Las pruebas directas se tratan de pruebas de esfuerzo que se prolongan hasta el agotamiento. Normalmente se mide además del oxígeno consumido por el individuo, el gas carbónico producido, la presión de ambos gases, la ventilación pulmonar por minuto y también algunos volúmenes y capacidades respiratorias (Martínez, 1985).

El procedimiento de forma directa se hace, principalmente, en laboratorios bien equipados ya que requiere de un equipo sofisticado, personal cualificado y recursos apropiados, a pesar de ello con el avance de la tecnología se están consiguiendo instrumentos precisos y pequeños que se puedan transportar a los lugares de entrenamiento. Mediante estas pruebas de en laboratorio se obtiene una medición más precisa de la capacidad aeróbica del individuo pero sobre todo permite una evaluación instantánea y continua del estado del individuo durante el esfuerzo (Martínez, 1985). Existen varios protocolos para la prueba ergométrica, cada uno de los cuales propone una determinada carga inicial, un incremento gradual de la carga y una duración definida para cada nivel de trabajo.

Para tener constancia en la medición directa de haber alcanzado el nivel máximo de capacidad aeróbica se ha propuesto que: el consumo de oxígeno debe haberse estabilizado en forma de meseta a pesar de un incremento de la carga, el cociente respiratorio que relaciona el dióxido de carbono producido con el consumo de oxígeno por minuto debe haber superado el valor de uno, la frecuencia cardiaca debe hallarse muy cerca al valor teórico máximo esperado, el equivalente respiratorio, o sea la fracción del volumen respiratorio por minuto, sobre el consumo de oxígeno ( $VE/VO_2$ ) debe ser superior a 35, la escala de percepción de esfuerzo subjetivo de Borg debe ser 10, cuando tiene ocasión de medirse el ácido láctico éste debe haber superado el valor de  $8 \text{ mMol}\cdot\text{min}^{-1}$  (Casajús et al., 2009).

Por otro lado, las pruebas indirectas se realizan principalmente debido a la imposibilidad de contar con los equipos, personal y recursos apropiados para la medición directa del consumo máximo de oxígeno, lo que impulsó a los investigadores a diseñar procedimientos de fácil ejecución, asequibles económicamente y con mínima implementación, pero que a pesar de ello tuvieran un alto grado de validez. Gracias a la relación entre el consumo de oxígeno y la carga de trabajo que el individuo realiza o la frecuencia cardíaca fue posible desarrollar tablas y ecuaciones que faciliten el cálculo de las equivalencias entre estas distintas variables. La fiabilidad de los resultados obtenidos con el uso de métodos indirectos es menor que la que ofrecen los métodos directos debido, según Torres (2017), a que la frecuencia cardiaca máxima suele coincidir con el  $VO_{2\text{max}}$  en un esfuerzo de más de 3 minutos. Navarro (2017), remarca que la correlación entre la

frecuencia cardiaca y el  $VO_{2max}$  es individual, y que cuando se pretenda realizar estimaciones precisas de zonas de intensidad, como por ejemplo para el entrenamiento esta relación debería establecerse individualmente. Además, la frecuencia cardiaca puede variar bastante debido a los cambios de nuestro cuerpo (Torres, 2017).

La máquina de ascenso de escaleras, el cicloergómetro y el tapiz rodante, además de otros instrumentos específicos de distintos deportes, son materiales costosos y no están al alcance de la mayoría de los deportistas o equipos. Aunque a través de las pruebas directas se obtiene mayor información y más fiable, como principal limitación tienen que el deportista debe adaptarse a las condiciones de la prueba y puede afectar a la técnica de los movimientos (García, 2004). Por el contrario, en las pruebas de campo, aunque el deportista realiza los gestos técnicos propios del deporte, existe la dificultad de encontrar instrumentos de medición que se adapten al individuo y además permitan una información con un alto grado de validez. Estas pruebas deberían realizarse periódicamente a lo largo de la temporada con el fin de verificar el grado de adaptación de los deportistas y en la medida de lo posible evitar estados de sobreentrenamiento (García, 2004).

Otra problemática de las pruebas de valoración es el tiempo que conlleva realizar las mismas, por lo que en la valoración de grandes grupos de deportistas se suelen realizar pruebas indirectas con el fin de ahorrar ese tiempo y poder realizar varias valoraciones simultáneamente. La valoración indirecta puede sufrir una serie de errores debido a la utilización de ecuaciones y tablas a partir de la frecuencia cardíaca, nivel de esfuerzo percibido u otros parámetros fácilmente cuantificables,

Aunque para la valoración de la cualidad aeróbica de los triatletas-duatletas se cuenta con test y protocolos específicos, el hecho de ser una disciplina deportiva integrada por tres deportes conlleva la problemática del tiempo invertido en las sesiones de valoración. Así, podría darse el caso de tener que utilizar dos o tres sesiones de entrenamiento para realizar las pruebas de valoración en diferentes momentos de la temporada con el fin de planificar el entrenamiento y evaluar el proceso del mismo. La importancia de la ejecución de los esfuerzos en tapiz y cicloergómetro durante el mismo día también ha sido mencionada en el estudio realizado por Viana-Montaner et al. (2009), debido a que de esta forma se consigue disminuir el número de visitas al laboratorio y así interrumpir el menor tiempo posible los días de entrenamiento. Si fuese posible realizar una estimación a partir de una única prueba de esfuerzo, se podría conseguir un ahorro de tiempo y recursos.

Habitualmente, la valoración de los triatletas se realiza en dos días de valoración, separadas por 48h, durante las cuales se suelen realizar dos pruebas de esfuerzo, una en tapiz rodante y otra en cicloergómetro (González, Rey, Romero y Romero, 2004). No sólo

los días durante los que se realizan las pruebas condicionan el entrenamiento realizado por los deportistas sino que los días próximos y los que trascurren entre pruebas limitan el entrenamiento por no poder practicar ejercicio de alta intensidad.

Existe poco conocimiento científico del efecto que tiene la realización de diferentes pruebas de esfuerzo en la misma sesión de valoración en los resultados obtenidos. Foster et al. (2007) realizaron dos pruebas de esfuerzo consecutivas en las que variaron la recuperación entre ellas y observaron que independientemente de si el período de recuperación es muy corto (1 min), intermedio (3 min), o muy largo (mayor de 24 h), el valor de  $VO_{2max}$  analizado entre pruebas no se ve afectado. Sin embargo, no existe ningún tipo de estudio que analice el efecto que tiene realizar dos pruebas de valoración en la resistencia aeróbica de los sujetos (i.e., umbrales aeróbico y anaeróbico). Debido a la importancia que tienen estos parámetros en la planificación y control del entrenamiento (Rodríguez-Marroyo et al., 2017) es conveniente su valoración de la manera más específica posible. Por ello, la posibilidad de valorar en una misma sesión la cualidad aeróbica de los triatletas o duatletas en bici y carrera puede ser muy favorable en la eficiencia del proceso de valoración.

## **OBJETIVOS**

El objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto que tiene la realización de dos pruebas incrementales máximas seguidas en la valoración de la cualidad aeróbica en triatletas/duatletas.

Como objetivos secundarios de este trabajo nos planteamos:

- Valorar la cualidad aeróbica en tapiz y en cicloergómetro en un grupo de triatletas/duatletas y sujetos activos.
- Determinar el efecto que tiene el modo de ejercicio (bici, carrera) en el  $VO_{2max}$  y umbrales ventilatorios de los sujetos.
- Analizar la influencia que puede tener el nivel de los sujetos en los resultados obtenidos.

## COMPETENCIAS

- (B459) Adquirir la formación científica básica para comprender, promover y evaluar la formación de hábitos de práctica de la actividad física y del deporte, orientados al mantenimiento y mejora de la condición física y la salud.
- (B480) 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.
- (B494) Comprender la literatura científica del ámbito de la actividad física y del deporte.
- (B495) Saber aplicar las tecnologías de la información y comunicación al ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- (B502) Aplicar los principios fisiológicos, biomecánicos, comportamentales y sociales a los diferentes campos de la actividad física y del deporte.
- (B505) Desarrollar hábitos de excelencia y calidad en el ejercicio profesional, actuando con respeto a los principios éticos necesarios.

## METODOLOGÍA

### SUJETOS

En el estudio participaron 12 triatletas/duatletas (edad,  $29.6 \pm 6.1$  años; peso,  $67.2 \pm 6.7$  kg y altura,  $174.4 \pm 7.7$  cm) y 8 sujetos activos (edad,  $22.0 \pm 1.1$  años; peso,  $71.7 \pm 4.5$  kg y altura,  $179.1 \pm 4.3$  cm) que practicaban deporte de manera amateur. Los triatletas/duatletas pertenecían a distintos clubes y como requisito de inclusión fue necesario que tuvieran al menos un año de experiencia en el entrenamiento y la competición del triatlón/duatlón. Todos ellos entrenaron al menos 4 sesiones de entrenamiento específico a la semana. Por otro lado, los sujetos activos practicaron unas 3 horas semanales de deporte (i.e., fútbol y baloncesto).

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los sujetos acudieron al laboratorio en dos ocasiones, separadas por una semana. Se solicitó a los participantes que reprodujeran los entrenamientos previos en ambas sesiones de valoración y se les recomendó que el día previo a cada evaluación realizarán un entrenamiento suave. En ambas sesiones de valoración el calentamiento (10 min), la hora del día y las condiciones ambientales se mantuvieron constantes ( $21.6 \pm 2.0$  °C y  $16.0 \pm 4.2\%$  de humedad relativa). En un diseño experimental contrabalanceado, en cada sesión de valoración los sujetos realizaron un test progresivo hasta el agotamiento sobre un cicloergómetro y un tapiz rodante, con unos 20 min de recuperación entre ambos. El modo de ejercicio de las pruebas fue cambiado en la segunda sesión de valoración, el orden de las pruebas en la primera sesión fue aleatorizado Caputo y Denadai (2006).

### **Protocolo de la prueba incremental en tapiz**

Antes de la realización del test los sujetos calentaron 10 min a una velocidad constante de  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  tras lo cual tuvieron una fase de estiramientos libres de 5 min. La velocidad inicial del test fue de  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  y cada minuto se aumentó en  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  hasta que el sujeto no pudo mantener la velocidad fijada (h/p/cosmos pulsar, h/p/cosmos sports and medical GMBH, Nußdorf-Traunstein, Alemania). Durante toda la prueba la pendiente del tapiz fue mantenida constante al 1% (Rodríguez-Marroyo, González-Lázaro y, Arribas, 2018).

### **Protocolo de la prueba incremental en cicloergómetro**

La prueba se realizó sobre un cicloergómetro Lode Corival (Lode BV, Groningen, Holanda). El calentamiento previo duró 10 min, durante los primeros 5 min los sujetos pedalearon a 75 W y durante los 5 últimos minutos realizaron estiramientos. La carga inicial en el test fue de 75 W y cada minuto se incrementó en 25 W hasta la extenuación volitiva. La cadencia de pedaleo se fijó a 80 rpm, cuando los sujetos fueron incapaces de mover la carga fijada por encima de 70 rpm la prueba se dio por finalizada. Para eliminar el impacto metabólico de la modificación de la posición durante la prueba, los sujetos utilizaron la misma postura en todas las pruebas (Lucia et al., 2002; Rodríguez-Marroyo et al. 2017; y Puertas y Villa, 2017).

## Mediciones

Durante todas las pruebas la respuesta de la frecuencia cardiaca se registró de forma telemétrica cada cinco segundos (Polar Vantage NV, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) y el intercambio de gases respiratorios se midió continuamente respiración a respiración (Medisoft Ergocard, Medisoft Grupo, Sorinnes, Bélgica). La percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) de los deportistas fue recogida en los últimos 10 s de cada escalón de esfuerzo, a través de la escala de Borg (0-10) (Borg, 1982). La escala se colocó enfrente de los sujetos para permitirles una referencia inmediata en cualquier momento. La utilización de la escala fue explicada y administrada durante las pruebas por el mismo evaluador. El  $\dot{V}O_{2max}$  y la frecuencia cardiaca máxima se registraron como los valores más altos obtenidos durante el último periodo de 30 s antes del agotamiento. Los umbrales ventilatorio (VT) y de compensación respiratoria (RCT) se identificaron atendiendo a la metodología propuesta por Davis (1985): incremento del equivalente ventilatorio del  $O_2$  y de la presión end-tidal del  $O_2$  sin un incremento concomitante del equivalente ventilatorio del  $CO_2$  para el VT, y un incremento de los equivalentes ventilatorios del  $O_2$  y  $CO_2$  y un descenso de la presión end-tidal del  $CO_2$  para el RCT.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la muestra. Las diferencias entre las variables estudiadas en las pruebas de esfuerzo se calcularon utilizando un análisis de la varianza de medias repetidas de dos vías (tiempo [antes vs. después]  $\times$  nivel de los sujetos [triatletas vs. sujetos físicamente activos]). Cuando se analizó una F estadísticamente significativa se aplicó la prueba de Bonferoni para establecer las diferencias entre medias. Además, se calculó el tamaño del efecto por medio de la d de Cohen. Valores  $<0.41$ ,  $0.41-0.70$  y  $>0.70$  fueron considerados pequeños, moderados o grandes, respectivamente. Las relaciones entre variables fueron evaluadas usando el coeficiente de correlación de Pearson (r). La fiabilidad y concordancia entre medidas fue evaluada usando el coeficiente de correlación intraclass (ICC). Valores de  $p < 0.05$  fueron considerados estadísticamente significativos. El software estadístico SPSS+ v.24.0 fue usado para este análisis.



## RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de esfuerzo realizada corriendo. Salvo para el consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico y el porcentaje que supone la frecuencia cardiaca en el umbral aeróbico frente a la frecuencia cardiaca máxima, no se hallaron diferencias significativas entre las pruebas realizadas. Las diferencias analizadas, teniendo en cuenta el tamaño del efecto, fueron consideradas pequeñas. El nivel de los sujetos no afectó a los resultados obtenidos. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de diferentes variables fisiológicas y de la percepción subjetiva del esfuerzo a lo largo de las pruebas realizadas.

Tabla 1. Resultados (media±SD) obtenidos en la prueba de esfuerzo realizada en tapiz.

	ANTES	DESPUÉS	<i>d</i> (calificación)	ICC (IC95%)
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	57.5 ± 8.6	56.3 ± 7.1	0.16 (pequeño)	0.95 (0.86-0.98)
Velocidad <sub>max</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	18.0 ± 1.5	17.9 ± 1.5	0.21 (pequeño)	0.98 (0.95-0.99)
FC <sub>max</sub> (ppm)	186 ± 9	185 ± 11	0.20 (pequeño)	0.93 (0.83-0.97)
<hr/>				
VO <sub>2RCT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	47.7 ± 7.6	45.5 ± 6.9*	0.33 (pequeño)	0.92 (0.79-0.97)
%VO <sub>2max</sub>	82.7 ± 4.8	81.1 ± 4.5	0.40 (pequeño)	0.61 (0.15-0.85)
Velocidad <sub>RCT</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	14.4 ± 1.5	14.2 ± 1.3	0.15 (pequeño)	0.94 (0.84-0.97)
%Velocidad <sub>max</sub>	79.9 ± 3.0	79.2 ± 2.8	0.25 (pequeño)	0.36 (0.01-0.75)
FC <sub>RCT</sub> (ppm)	169 ± 13	167 ± 14	0.15 (pequeño)	0.95 (0.88-0.98)
%FC <sub>max</sub>	91.1 ± 4.6	90.8 ± 4.8	0.07 (pequeño)	0.93 (0.83-0.97)
RPE <sub>RCT</sub>	6.2 ± 1.2	6.4 ± 1.5	0.15 (pequeño)	0.80 (0.50-0.92)
<hr/>				
VO <sub>2VT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	35.6 ± 5.1	34.5 ± 4.7	0.23 (pequeño)	0.90 (0.73-0.96)
%VO <sub>2max</sub>	61.9 ± 6.2	61.2 ± 6.6	0.11 (pequeño)	0.82 (0.55-0.93)
Velocidad <sub>VT</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	10.1 ± 1.1	10.2 ± 1.2	0.09 (pequeño)	0.91 (0.76-0.96)
%Vel <sub>max</sub>	56.1 ± 4.2	56.7 ± 4.7	0.14 (pequeño)	0.72 (0.38-0.89)
FC <sub>VT</sub> (ppm)	140 ± 15	143 ± 15	0.21 (pequeño)	0.94 (0.38-0.89)
%FC <sub>max</sub>	75.6 ± 6.1	77.3 ± 5.8*	0.31 (pequeño)	0.84 (0.60-0.94)
RPE <sub>VT</sub>	2.7 ± 0.8	2.9 ± 1.0	0.23 (pequeño)	0.63 (0.28-0.85)

*d*, tamaño del efecto calculado por medio de la *d* de Cohen; ICC, correlación intraclase; IC, intervalo de confianza; FC, frecuencia cardiaca; RCT, umbral de compensación respiratoria (umbral anaeróbico); RPE, percepción subjetiva del esfuerzo; VT, umbral ventilatorio (umbral aeróbico). \*, diferencias significativas (p<0.05).

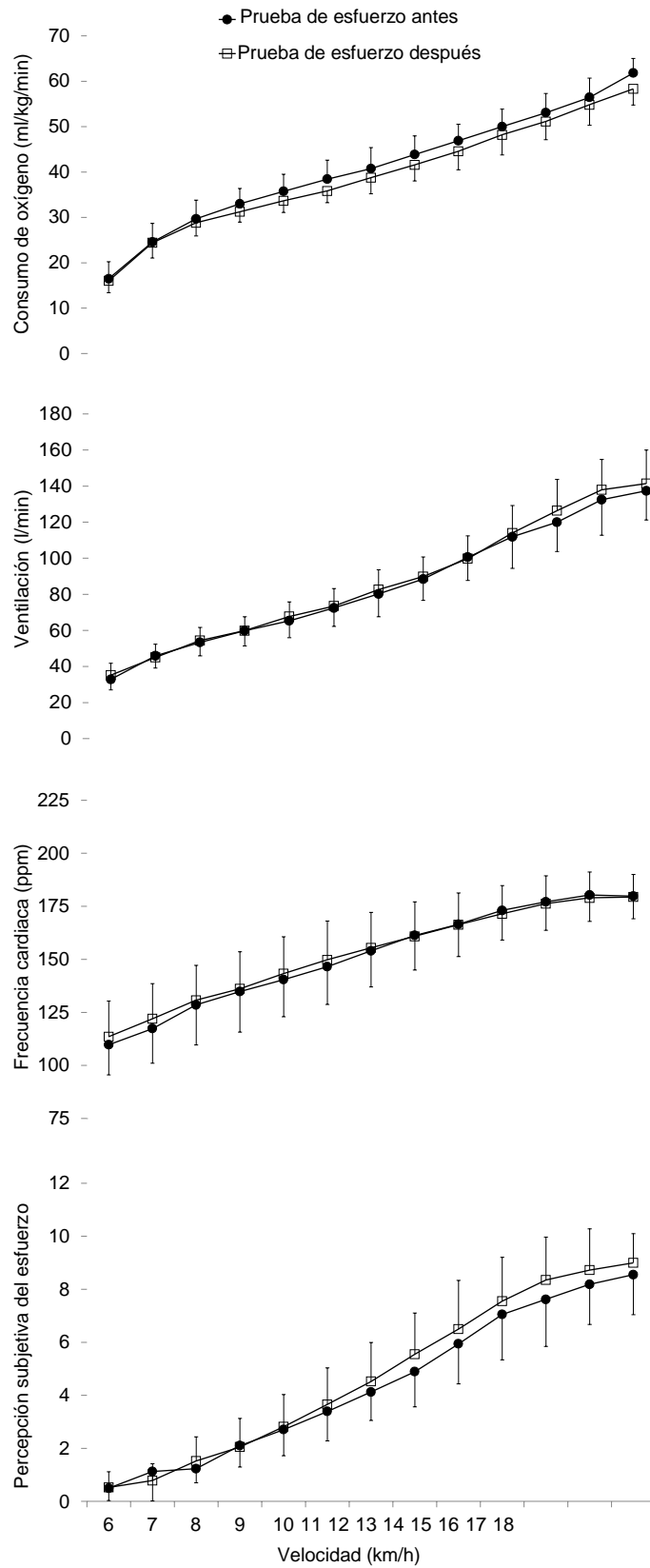


Figura 1. Comportamiento de diferentes variables ergoespirométricas durante las pruebas de esfuerzo realizadas corriendo.

Los valores máximos alcanzados en la prueba realizada sobre el cicloergómetro fueron menores ( $p < 0.05$ ) en el test llevado a cabo después de la prueba de tapiz (Tabla 2). En ambas pruebas se alcanzó la misma frecuencia cardíaca máxima. Por el contrario, la frecuencia cardíaca analizada en los umbrales ventilatorios fue significativamente mayor en la prueba realizada después de la de tapiz (Tabla 2). Este hecho conllevó que en esta prueba los sujetos alcanzaran un mayor porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima. El consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico fue ligeramente superior en la prueba realizada al inicio de la sesión de valoración. El factor nivel de los sujetos afectó a los resultados obtenidos. Las diferencias encontradas entre las pruebas desaparecieron en los triatletas y se mantuvieron en los sujetos físicamente activos. El comportamiento del consumo de oxígeno, ventilación, frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo a lo largo de las pruebas en el cicloergómetro se muestra en la Figura 2.

El consumo de oxígeno hallado en las pruebas de carrera fue aproximadamente un 10% mayor que el analizado pedaleando (Tabla 3). Del mismo modo, la frecuencia cardíaca obtenida corriendo fue aproximadamente un 5% mayor (Tabla 3). Sin embargo, el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima al que aparecen los umbrales ventilatorios y la percepción subjetiva del esfuerzo fue similar en ambos modos de ejercicio. En este sentido, el umbral anaeróbico y el aeróbico se identificaron aproximadamente al 90 y 76% de la frecuencia cardíaca máxima y con una puntuación en la escala de Borg de 6 y 3, respectivamente.

Tabla 2. Resultados (media±SD) obtenidos en la prueba de esfuerzo realizada en el cicloergómetro.

	ANTES	DESPUÉS	<i>d</i> (calificación)	ICC (IC95%)
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	54.1 ± 8.1	52.1 ± 8.6*	0.37 (pequeño)	0.94 (0.86-0.98)
Potencia <sub>max</sub> (W)	303.8 ± 35.4	296.4 ± 35.7*	0.21 (pequeño)	0.96 (0.89-0.98)
Potencia <sub>max</sub> (W·kg <sup>-1</sup> )	4.4 ± 0.5	4.3 ± 0.5*	0.21 (pequeño)	0.96 (0.89-0.98)
FC <sub>max</sub> (ppm)	175 ± 13	176 ± 13	0.08 (pequeño)	0.97 (0.94-0.99)
VO <sub>2RCT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	43.0 ± 7.2	41.5 ± 7.1*	0.21 (pequeño)	0.92 (0.82-0.97)
%VO <sub>2max</sub>	79.4 ± 5.3	79.7 ± 5.0	0.06 (pequeño)	0.76 (0.40-0.91)
Potencia <sub>RCT</sub> (W)	236.3 ± 34.9	231.3 ± 32.3	0.15 (pequeño)	0.92 (0.82-0.97)
Potencia <sub>RCT</sub> (W·kg <sup>-1</sup> )	3.6 ± 1.1	3.5 ± 1.1	0.09 (pequeño)	0.98 (0.96-0.99)
%Potencia <sub>max</sub>	77.6 ± 4.5	78.0 ± 4.6	0.09 (pequeño)	0.78 (0.43-0.91)
FC <sub>RCT</sub> (ppm)	157 ± 12	160 ± 13*	0.27 (pequeño)	0.96 (0.91-0.98)
%FC <sub>max</sub>	89.9 ± 3.4	90.8 ± 3.2*	0.31 (pequeño)	0.70 (0.40-0.87)
RPE <sub>RCT</sub>	6.5 ± 1.3	6.4 ± 1.1	0.08 (pequeño)	0.74 (0.55-0.89)
VO <sub>2VT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	31.8 ± 5.9	31.2 ± 6.1	0.10 (pequeño)	0.88 (0.65-0.93)
%VO <sub>2max</sub>	58.8 ± 6.2	59.9 ± 6.0	0.18 (pequeño)	0.77 (0.41-0.91)
Potencia <sub>VT</sub> (W)	161.3 ± 31.9	153.8 ± 28.4	0.25 (pequeño)	0.84 (0.55-0.94)
Potencia <sub>VT</sub> (W·kg <sup>-1</sup> )	2.5 ± 0.8	2.3 ± 0.7	0.27 (pequeño)	0.90 (0.77-0.96)
%Potencia <sub>max</sub>	52.9 ± 7.1	51.8 ± 5.9	0.17 (pequeño)	0.68 (0.17-0.87)
FC <sub>VT</sub> (ppm)	133 ± 16	136 ± 14*	0.24 (pequeño)	0.92 (0.81-0.97)
%FC <sub>max</sub>	76.0 ± 5.5	77.3 ± 3.8*	0.32 (pequeño)	0.83 (0.63-0.93)
RPE <sub>VT</sub>	3.3 ± 1.1	3.1 ± 1.1	0.18 (pequeño)	0.79 (0.49-0.92)

*d*, tamaño del efecto calculado por medio de la *d* de Cohen; ICC, correlación intraclase; IC, intervalo de confianza; FC, frecuencia cardiaca; RCT, umbral de compensación respiratoria (umbral anaeróbico); RPE, percepción subjetiva del esfuerzo; VT, umbral ventilatorio (umbral aeróbico). \*, diferencias significativas (p<0.05).

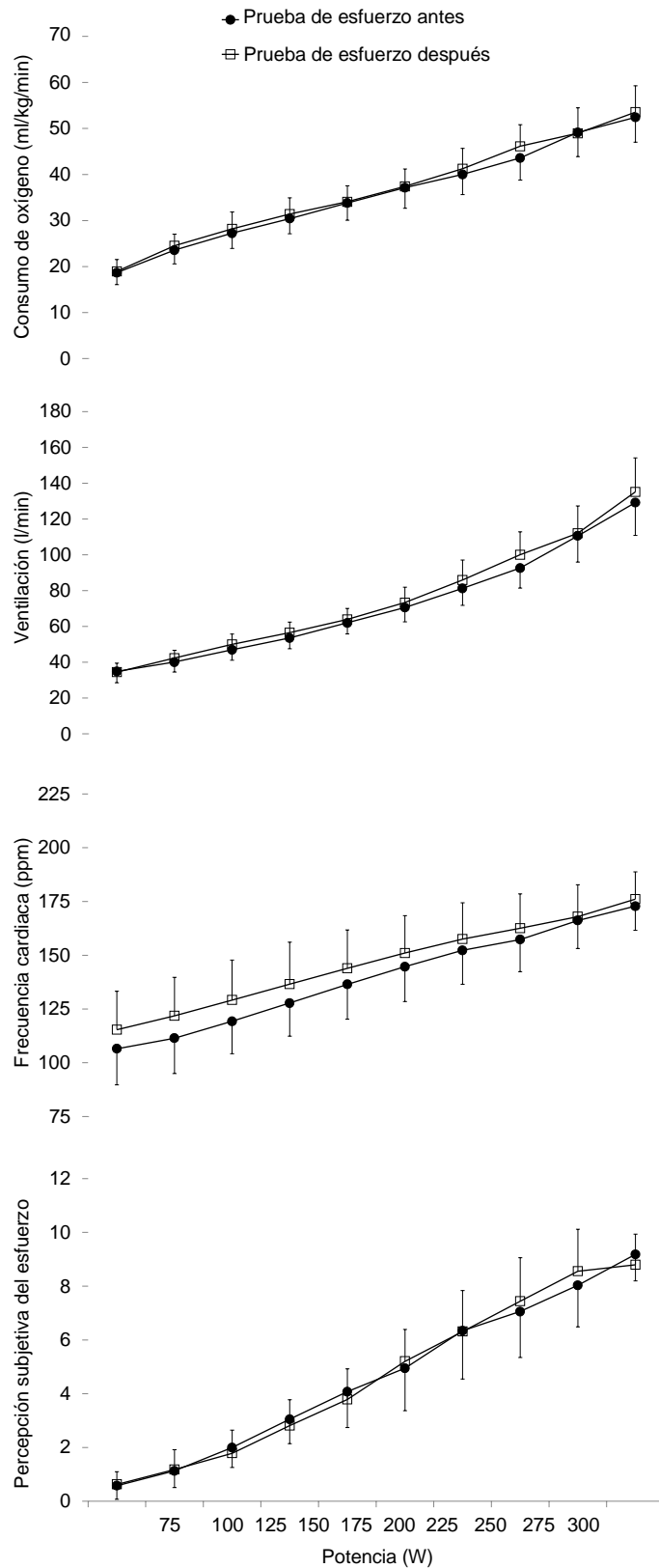


Figura 2. Comportamiento de diferentes variables ergoespirométricas durante las pruebas de esfuerzo realizadas en el cicloergómetro.

Tabla 3. Comparativa entre los resultados (media  $\pm$  SD) obtenidos en la prueba de esfuerzo realizada en el tapiz y cicloergómetro.

	TAPIZ	CICLOERGÓMETRO	<i>d</i> (calificación)	$\Delta$ (%)
VO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	56.9 $\pm$ 7.7	53.1*	0.49 (moderado)	7.2
FC <sub>max</sub> (ppm)	185 $\pm$ 9	176 $\pm$ 13*	0.83 (grande)	5.0
VO <sub>2RCT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	46.7 $\pm$ 6.7	42.2 $\pm$ 7.1*	0.67 (moderado)	10.4
%VO <sub>2max</sub>	82.0 $\pm$ 4.1	79.6 $\pm$ 4.6*	0.57 (moderado)	2.5
% carga máxima	79.6 $\pm$ 2.2	77.8 $\pm$ 4.1	0.56 (moderado)	1.8
FC <sub>RCT</sub> (ppm)	168 $\pm$ 13	159 $\pm$ 13*	0.71 (grande)	5.9
%FC <sub>max</sub>	90.9 $\pm$ 3.8	90.3 $\pm$ 2.1	0.21 (pequeño)	0.6
RPE <sub>RCT</sub>	6.3 $\pm$ 1.2	6.5 $\pm$ 1.1	0.18 (pequeño)	3
VO <sub>2VT</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	34.8 $\pm$ 4.4	31.5 $\pm$ 5.7*	0.66 (moderado)	10.5
%VO <sub>2max</sub>	61.5 $\pm$ 6.1	59.8 $\pm$ 5.5	0.30 (pequeño)	1.7
% carga máxima	56.4 $\pm$ 3.9	52.3 $\pm$ 5.7*	0.86 (grande)	4.1
FC <sub>VT</sub> (ppm)	141 $\pm$ 14	134 $\pm$ 13*	0.53 (moderado)	4.9
%FC <sub>max</sub>	76.2 $\pm$ 5.2	76.4 $\pm$ 4.0	0.04 (pequeño)	0.2
RPE <sub>VT</sub>	2.8 $\pm$ 0.7	3.1 $\pm$ 1.0	0.36 (pequeño)	9.6

*d*, tamaño del efecto calculado por medio de la *d* de Cohen;  $\Delta$ , porcentaje de cambio; FC, frecuencia cardiaca; RCT, umbral de compensación respiratoria (umbral anaeróbico); RPE, percepción subjetiva del esfuerzo; VT, umbral ventilatorio (umbral aeróbico). \*, diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Las diferencias biomecánicas entre correr y andar en bicicleta, que requieren diferentes tipos de contracción muscular, podrían implicar que el metabolismo del músculo tendrá diferentes efectos teniendo en cuenta la modalidad de ejercicio. La masa muscular empleada en la carrera sobre el tapiz es superior, y esto conlleva un mayor VO<sub>2max</sub> y frecuencia cardiaca máxima.

Al igual que ocurrió en el estudio realizado por Viana et al. (2009), se presentó un notable inconveniente a la hora de analizar estas pruebas y fue debido a que las muestras

utilizadas de sujetos activos estuvieron más o menos familiarizados con alguna de las modalidades de ejercicio empleadas. Los triatletas estaban acostumbrados a realizar esfuerzos sobre la bicicleta por lo que obtuvieron mayores valores que los sujetos activos, también el tiempo de prueba en el cicloergómetro fue mayor. Sin embargo, ha quedado demostrado en este estudio que no hay una diferencia significativa entre los valores alcanzados en triatletas y en sujetos activos.

González-Parra et al. (2013) confirman que los triatletas de élite tienen valores de  $VO_{2max}$  significativamente más altos que los triatletas de sub-élite y se requieren altos niveles de  $VO_{2max}$  para tener éxito en los triatlones, partir de esta afirmación podemos decir que cuanto mayor  $VO_{2max}$  mayor rendimiento.

Un estudio llevado a cabo por Roels et al. (2005) el  $VO_{2max}$  alcanzado en triatletas durante un prueba máxima progresiva en cicloergómetro fue de  $68.2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , donde en este estudio se obtuvieron unos valores de  $54.1\pm 8.1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  previa a la prueba en tapiz y  $52.1\pm 8.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  posterior a la prueba en tapiz.

Tanto en este estudio como en el realizado por Viana-Montaner et al. (2009) se halló que el  $VO_{2max}$  alcanzado durante el test en tapiz rodante fue superior con una diferencia significativa respecto al obtenido en cicloergómetro: en este estudio se obtuvo  $56.9\pm 7.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en tapiz rodante contra  $53.1\pm 6.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en cicloergómetro. En el mismo artículo de Viana-Montaner et al. (2009) se recogen diversos resultados comparando el  $VO_{2m\acute{a}x}$  obtenido en diferentes ergómetros, por un lado son citados en este a Miyamura y Honda (1972) quienes encontraron una diferencia del 8% a favor de la prueba en tapiz, otros autores que son mencionados en este también como son Astrand y Saltin (1961) que no encuentran diferencias entre las dos pruebas y por último hay quienes encontraron mayores valores en cicloergómetro que en tapiz de  $VO_{2max}$  como son Davis, Vodak, Wilmore, Vodak, y Kurtz (1976). Durante este estudio el consumo de oxígeno hallado en las pruebas de carrera fue aproximadamente un 10% mayor que el analizado pedaleando.

Cruz et al. (2004) destacan la importancia de valorar el  $VO_{2max}$  en los distintos umbrales debido a que a partir de ellos podemos conocer el grado de entrenamiento y adaptación fisiológica del deportista y su relación con la velocidad y economía durante el esfuerzo, en nuestro estudio encontramos valores en tapiz en el primer y segundo umbral respectivamente de  $34.8\pm 4.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $46.7\pm 6.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en el mismo orden que el anterior encontramos los valores de  $31.5\pm 5.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $42.2\pm 7.1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en el cicloergómetro. Sin embargo, estos autores analizaron a 10 triatletas experimentados con un mayor nivel de entrenamiento que los de este estudio, Cruz et al. (2004) consiguieron unos

valores de  $37.9 \pm 4.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en el primer umbral en cicloergómetro y  $40.3 \pm 0.1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en el primer umbral en tapiz rodante.

## CONCLUSIONES

1. La realización de una segunda prueba de valoración de la cualidad aeróbica a través de un test incremental máximo puede afectar a los resultados obtenidos en función del modo de ejercicio que se realice y el nivel de los sujetos.
2. La valoración del  $\text{VO}_{2\text{max}}$  y los umbrales ventilatorios analizados en la prueba de tapiz no se vieron afectados después de realizar la prueba de cicloergómetro. Del mismo modo, el nivel de los sujetos no afectó a los resultados obtenidos.
3. La valoración de la cualidad aeróbica, sobre todo los parámetros máximos analizados en la prueba de cicloergómetro se vió afectada por el test de carrera efectuado previamente. Posiblemente, la fatiga local acumulada estuviera detrás de esta circunstancia. De hecho, la fatiga provocó una mayor deriva del pulso en la segunda prueba, obteniéndose unos valores mayores de frecuencia cardiaca en los umbrales ventilatorios, a pesar de analizarse en similares cargas de trabajo. Estos resultados se vieron condicionados por el nivel de los sujetos, así en triatletas/duatletas adaptados al entrenamiento en bicicleta no se observó este comportamiento.
4. Desde el punto de vista práctico para la valoración de la cualidad aeróbica en bicicleta y en tapiz durante la misma sesión de valoración, se recomienda en triatletas/duatletas poco experimentados ejecutar primero el test de cicloergómetro. Por otro lado, si no se dispone de tiempo ni medios para valorar de manera específica a los triatletas/duatletas en bici y corriendo, los resultados de este estudio indican que existe una diferencia entre test de aproximadamente un 5% en las frecuencias cardiacas máximas alcanzadas y en los umbrales ventilatorios. Así, las intensidades de entrenamiento en bici o en carrera podrían ser establecidas con la realización de una única prueba de valoración, ajustando la frecuencia cardiaca en función del modo de ejercicio realizado.



## **VALORACIÓN PERSONAL**

El objetivo de este trabajo fue economizar el tiempo que se utiliza para los entrenamientos de control, de esta forma hemos demostrado que es posible realizar dos esfuerzos progresivos máximos durante la misma sesión. Como triatleta, en mi caso, se reservaba una sesión para cada prueba de esfuerzo por lo que ya había tres entrenamientos condicionados. Durante el estudio, fue muy interesante conocer desde primera mano el ergoespirómetro aunque al comienzo me costó manejarlo y, sobretodo, obtener los datos. Ha sido muy interesante disponer de sujetos de diferentes niveles, de esta forma pude comparar los datos y sacar las distintas conclusiones.

A la hora de buscar información me encontré con la dificultad de conseguir artículo que hicieran una propuesta metodológica similar a la que llevé a cabo, la mayoría de los autores no realizaba ambas pruebas consecutivas. Tras esta búsqueda bibliográfica, tuve la posibilidad de conseguir datos relevantes para este trabajo e ideas que me parecieron interesantes aunque no tuviesen que ver con mi propuesta.

En general, ha sido un trabajo muy gratificante ya que me ha servido para aplicar conocimientos que he adquirido durante la carrera y centrándome en un deporte que me apasiona.

## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Hubiese sido interesante haber podido disponer de un mayor número de sujetos que participen en el estudio, sobretodo de triatletas con experiencia y con alto nivel, también me hubiese gustado comparar los datos obtenidos con deportistas especializados en una modalidad deportiva de estas, ciclistas o atletas. Por último, contar con alguna muestra femenina para poder obtener datos de los diferentes géneros hubiese sido un poco más completo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astrand, P. O., y Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *Journal of Applied Physiology*, 16(6), 977-981.
- Bazán, N. (2014) Consumo de oxígeno, definición y características. *ISDe Sports Magazine*, 6(20).
- Benito, P. J. (2004). *Estudio del modelo respiratorio: Nuevo método de determinación de los umbrales ventilatorios*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science sports exercise*, 14(5), 377-381.
- Calderón, F. J., Benito, P. J., y García, A. (2002). Aplicación práctica de las pruebas de esfuerzo. *Selección*, 11(4), 202-209.
- Campos, Y. A., Guimarães, M. P., de Souza, R. L., da Silva, G. P., Domingos, P. R., Resende, N. M., da Silva, S. F. y Vianna, J. M. (2017). Relationship between the Anaerobic Threshold Identified Through Blood Lactate between the Discontinuous and Resisted Dynamic Exercises in Long Distance Runners. *Journal of Exercise Physiology Online*, 20(1), 83-91.
- Caputo, F., y Denadai, B. S. (2006). Exercise Mode Affects the Time to Achieve VO<sub>2</sub>max Without Influencing Maximal Exercise Time at the Intensity Associated With VO<sub>2</sub>max in Triathletes. *International journal of sports medicine*, 27(10), 798-803.
- Casajús, J. A., Piedrafita, E., y Aragonés, M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(35), 217-231.
- Cejuela, R., Pérez, J. A., Villa, J. G., Cortell, J. M., y Rodríguez-Marroyo, J. A. (2007). Análisis de los factores de rendimiento en triatlón distancia sprint. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2), 1-25.
- Chavaren, J., Dorado, C., López, J.A. (1996). Triatlón: factores condicionantes del rendimiento y del entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 10(2), 29-37.
- Cruz, J. A., González, M. M., Rey, G. A., Romero, F. A., y Romero, J. G. (2004). Aspectos diferenciales en las pruebas de esfuerzo en cicloergómetro y banda rodante en triatletas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 39(143), 27-32.

- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: A review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1), 6-18.
- Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., y Kurtz, P. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 41(4), 544-550.
- Foster, C., Kuffel, E., Bradley, N., Battista, R. A., Wright, G., Porcari, J. P., y Lucia, A. (2007). VO<sub>2</sub>max during successive maximal efforts. *European journal of applied physiology*, 102(1), 67-72.
- García, A. (2004). *Evolución de los parametros fisiológicos en triatletas y ciclistas de élite a lo largo de una temporada*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica, Madrid, España.
- Glassford, R. G., Baycroft, G. H. Y., Sedgwick, A. W., y Macnab, R. B. J. (1965). Comparison of maximal oxygen uptake values determined by predicted and actual methods. *Journal of Applied Physiology*, 20(3), 509-513.
- Gonzalez-Parra, G., Mora, R., y Hoeger, B. (2013). Maximal oxygen consumption in national elite triathletes that train in high altitude. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(2), 342-349.
- Lucia, A., Hoyos, J., Pérez, M., Santalla, A., y Chicharro, J. L. (2002). Inverse relationship between VO<sub>2</sub>max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 2079-2084.
- Martínez, E. (1985). La capacidad aeróbica. *Educación física y deporte*, 7(1-2), 71-77.
- Millet, G. P., y Vleck, V. E. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 384-90.
- Miyamura, M., y Honda, Y. (1972). Oxygen intake and cardiac output during treadmill and bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 32(2), 185-188.
- Puertas, D. (2017). *Valoración de la condición física aeróbica en ciclismo: test continuo en rampa vs test interválico*. (Trabajo de fin de grado). Universidad de León, León, España.
- Rodríguez-Marroyo, J. A., González-Lázaro, J., Arribas-Cubero, H. F., y Villa, J. G. (2018). Physiological demands of mountain running races. *Kinesiology*, 50(1), 60-66.

Rodríguez-Marroyo, J. A., Pernía, R., Villa, J. G. y Foster, C. (2017). Reliability and Seasonal Changes of Submaximal Variables to Evaluate Professional Cyclists. *International journal of sports physiology and performance*, 12(10), 1356-1362.

Rodríguez-Marroyo, J. A., Medina-Carrillo, J., García-López, J., Morante, J. C., Villa, J. G., y Foster, C. (2017). Validity, Reliability, and Sensitivity of a Volleyball Intermittent Endurance Test. *International journal of sports physiology and performance*, 12(3), 364-369.

Roels, B., Schmitt, L., Libicz, S., Bentley, D., Richalet, J. P., y Millet, G. (2005). Specificity of VO<sub>2</sub>max and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. *British journal of sports medicine*, 39(12), 965-968.

Sebastiani, E. M., y González, C. A. (2000). *Cualidades físicas*. Barcelona: Inde.

Serrano Pérez, J. y Sarabia Marín, J. M. (2015). *Metodologías de valoración del umbral anaeróbico aplicado al atletismo de fondo*. (Trabajo de fin de grado). Universidad Miguel Hernández, Elche, España.

Puertas, D. (2017). *Valoración de la condición física aeróbica en ciclismo: test continuo en rampa vs test interválico*. (Trabajo de fin de grado). Universidad de León, León, España.

Torres, V. (2017). *Estudio descriptivo de los factores determinantes del rendimiento de resistencia en jóvenes deportistas de las especialidades deportivas de atletismo, natación y triatlón de la comunidad valenciana*. (Trabajo de fin de master). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

Viana-Montaner, B. H., Gómez Puerto, J. R., Centeno Prada, R., Beas Jiménez, J. D., Melero Romero, C., y Da Silva Grigoletto, M. E. (2009). Comparación del VO<sub>2</sub>max y del tiempo hasta el agotamiento en dos modalidades de ejercicio en triatletas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2(1), 7-11.

Wasserman, K., y McIlroy, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology*, 14(6), 844-852.