

Prueba de esfuerzo para estimar velocidad aerobia máxima y tiempo límite en pentatletas

Stress test to estimate maximum aerobic speed and limit time in pentathletes

María Elena González Revuelta^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7019-6414>

Yonael Díaz Gutiérrez <https://orcid.org/0000-0002-0243-7914>

¹Instituto de Medicina del Deporte. La Habana, Cuba

^{1*}Autor para la correspondencia: mariaelena25350@gmail.com

RESUMEN

Introducción: la velocidad aerobia máxima (VAM) y el tiempo límite (TLim), constituyen indicadores de gran importancia para la evaluación del rendimiento funcional aerobio y la conducción del entrenamiento en deportes de resistencia. En el país existe un gran número de protocolos diseñados para la determinación o estimación del MVO₂ según grupo de deportes y sexos, pero no para determinar la VAM ni el TLim con especificidad según deportes, por lo que resulta una necesidad diseñar y comprobar un protocolo con esta finalidad en pentatletas masculinos y que pueda utilizarse en dependencia o no de la disponibilidad de un analizador de gases. **Objetivo:** diseñar un protocolo de esfuerzo creciente en condiciones de laboratorio, para la estimación de la VAM y el TLim en pentatletas masculinos, fundamentar su diseño y demostrar su utilidad mediante la aplicación en un caso piloto. **Metodología:** se realizó un estudio exploratorio, descriptivo, analítico, diagnóstico y transversal, con un estudio de caso. Se llevaron a cabo métodos teóricos y empíricos, así como técnicas de ergometría, pulsometría,

laboratorio clínico y psicología. **Resultados:** se diseñó un protocolo para prueba de esfuerzo en estera rodante para estimar la VAM y el TLim en pentatletas de alto rendimiento lográndose un nivel adecuado de especificidad en su diseño. **Conclusiones:** la aplicación del protocolo diseñado en el caso piloto, demostró la utilidad del mismo para estimar la VMA y el TLim en pentatletas.

Palabras clave: Velocidad aerobia máxima (VAM); Tiempo límite(TLim); pentatlón moderno masculino; pruebas de esfuerzo.

ABSTRACT

Introduction: the Maximum Aerobic Velocity (MAV) and the Limit Time (TLim) are indicators of great importance for the evaluation of aerobic functional performance and training conduction in resistance sports. In our environment, there are a large number of protocols designed to determine or estimate MVO₂ according to sports group and gender, but not to determine the VAM or the TLim with specificity according to sports, so it is necessary to design and verify a protocol with this purpose in male pentathletes and that can be used depending or not on the availability of a gas analyzer. **Objective:** to design a protocol of increasing effort in laboratory conditions, for the estimation of the VAM and the TLim in masculine pentathletes, to base its design and to demonstrate its usefulness through the application in a pilot case. **Methodology:** an exploratory, descriptive, analytical, diagnostic and cross-sectional study was carried out, with a case study. Theoretical and empirical methods were carried out, as well as ergometry, pulsometrie, clinical laboratory and psychological techniques. **Results:** a treadmill stress test protocol was designed to estimate VAM and TLim in high-performance pentatletes achieving an adequate level of specificity in its design. **Conclusions:** the application of the protocol designed in the pilot case demonstrated its usefulness to estimate the VMA and the TLim in pentathletes.

Keywords: Maximum aerobic speed (MAV); Time limit (TLim); men's modern pentathlon; stress tests.

Recibido: 16/11/2024

Aprobado: 12/12/2024

Introducción

Los destacados resultados obtenidos en los últimos años en el ámbito deportivo, dependen de la interacción de diversos factores tales como, genéticos, fisiológicos, psicológicos y biomecánicos entre los más importantes¹ pero en una gran medida reflejan las exigencias mantenidas en la preparación de los deportistas, generándose con ello la necesidad de la integración de los conocimientos que aportan las diversas especialidades, y de esta forma conducir la preparación física, técnico táctica y psicológica sobre una base científicamente fundamentada, donde el control sistemático del desarrollo de las capacidades y cualidades motrices constituye la forma idónea para ejercer la influencia requerida, y así lograr que la preparación de los deportistas, se realice en correspondencia con los objetivos trazados².

Un lugar importante dentro del conjunto de acciones que resultan necesarias para lograr cada vez mejores resultados deportivos lo ocupa la calidad con que se realice el control médico del entrenamiento deportivo, ya que la evaluación sistemática del efecto del entrenamiento y su adecuación continua a las necesidades impuestas por los requerimientos competitivos, así como la obtención del perfil funcional conduce a altos resultados³.

Resultan por lo tanto indispensables en este sentido las investigaciones que permitan, no solo la caracterización morfológica de los deportistas, sino también, elevar la calidad del diagnóstico funcional del rendimiento y con ello contribuir a incrementar las posibilidades de éxito.

Aunque el laboratorio no es el medio en que se desenvuelve el deportista y, por lo tanto, no resultan motivantes las pruebas que en él se realizan, sin lugar a dudas son un elemento de mucho valor^{1,3,4}, pues constituyen un complemento importante de la evaluación en el terreno⁵.

El rendimiento funcional aerobio anaerobio de los deportistas constituye una parte muy importante dentro del control médico del entrenamiento deportivo. Indicadores como el máximo consumo de oxígeno (MVO₂), el umbral del metabolismo anaerobio (Uman), la velocidad aerobia máxima (VAM) y el tiempo límite (TLim) son indicadores esenciales para el desempeño deportivo en deportes de predominio aerobio, aunque no dejan de ser importantes en deportes con una contribución energética aerobia anaerobia alternada, sobre todo cuando el objetivo pedagógico del entrenamiento está dirigido al desarrollo de la resistencia general de base.

Aun cuando en nuestro medio se dispone de un arsenal de protocolos para la determinación del MVO₂ y el Uman, mediante la realización de pruebas de esfuerzo⁶, sin embargo, no se han realizado pruebas en condiciones de laboratorio con el objetivo de determinar la VAM ni el TLim en los deportistas juveniles ni de alto rendimiento.

En la literatura relacionada con el tema han sido publicados diferentes protocolos para la determinación de la VAM^{7,8,9,10}, tanto en condiciones de terreno como en condiciones de laboratorio. En general todos estos test consisten en protocolos de trabajo, que van creciendo en intensidad hasta alcanzar el agotamiento y requieren de la utilización de un analizador de gases, tecnología que por ser costosa, no está al alcance de muchos especialistas, pero aun estando disponible, sus insumos resultan costosos y deben ser utilizados de una forma racionalizada según las prioridades que se establezcan.

Ante esta limitación y el interés del colectivo técnico y médico que trabaja con el pentatlón, de conocer la VAM en estos deportistas, resultó necesario buscar una metodología alternativa y confiable, que en condiciones de laboratorio permitiera determinar o estimar la VAM y el TLim en dependencia de la disponibilidad o no, de un analizador de gases, a la par de que pudiera ser utilizada de una forma más generalizada en el control médico del entrenamiento deportivo de

estos deportistas sin que el nivel de precisión de la estimación de estos indicadores se viera grandemente afectado.

Por lo antes expuesto la presente investigación se trazó como objetivos diseñar un protocolo de esfuerzo creciente en condiciones de laboratorio que permita estimar con un nivel de especificidad máxima posible, en pentatletas masculinos la VAM y el TLim y argumentar su utilidad mediante el análisis de los resultados derivados de una prueba piloto.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio piloto de tipo exploratorio, descriptivo, analítico, y diagnóstico, con el estudio de un caso, seleccionado intencionalmente a partir de un universo de ocho pentatletas del equipo nacional masculino, al inicio de una etapa de preparación física general. Se fijaron como criterios de inclusión, la edad deportiva, así como los resultados deportivos, y la no existencia de lesión o afectación de su estado de salud, en el momento de la realización de la prueba de esfuerzo.

El estudio piloto se realizó con el fin de aprobar el protocolo diseñado en estera rodante con especificidad para esta disciplina deportiva, y encaminado a la determinación de la VAM y el TLim.

Durante la prueba de esfuerzo se determinaron las siguientes variables e indicadores funcionales:

- Frecuencia cardiaca (lat/min) en el reposo, en las pausas entre los 5 primeros escalones de la prueba, en el máximo esfuerzo y en los minutos 1, 3 y 5 de la recuperación. Para ello se utilizó el software que brinda el equipo Ergocit AT Plus®, de fabricación cubana, acoplado a la estera rodante.
- Frecuencia cardiaca máxima predicha, según formula de Tanaka¹¹.
- Porcentaje de Frecuencia máxima alcanzada en relación a la predicha.

- Lactato en reposo, en las pausas entre los 5 primeros escalones de la prueba, en el esfuerzo máximo, así como en los minutos 1, 3 y 5 de la recuperación. Para esto fue utilizado un Lactímetro marca Accutrend®Plus (química seca).

Se solicitó y anotó el esfuerzo percibido según la escala de Borg de 10 puntos¹² en las pausas entre los 5 primeros escalones de la prueba y en el esfuerzo máximo.

- MVO2 estimado mediante la siguiente ecuación (Balke)¹².

$$\text{MVO2} = V \times W \times (0.073 + CC/100) \times 1.8 \text{ ml/min}$$

Donde:

V = velocidad en m/min

W = peso en kg

CC = ángulo de inclinación

1.8 = constante

MVO2/kg de peso.

- Velocidad de carrera máxima alcanzada (VMA) en Km/h.
- Tiempo de permanencia en la VMA (TLim) en minutos y segundos.

Se establecieron los criterios de maximidad de la prueba de esfuerzo, en base a los valores del porcentaje de frecuencia cardiaca máxima alcanzada en relación a la predicha, la concentración máxima de lactato alcanzada y el rango de esfuerzo máximo percibido en una escala de 0-10 puntos de Borg¹².

Se explicaron al deportista los objetivos y características de la investigación, el procedimiento al que sería sometido y los beneficios que reporta el proceso desde el plano individual y colectivo, económico, social y científico.

Se procedió a firmar el consentimiento informado basado en los principios éticos de la medicina, el deporte y la investigación científica.

Al concluir la prueba se efectuó reunión con el médico, el entrenador, el deportista y el personal del laboratorio para el análisis de los resultados individuales obtenidos por el atleta, así como para la emisión de criterios relacionados con el desarrollo de la prueba piloto realizada.

Resultados

En la Figura 1 se muestra la etapa de esfuerzo del protocolo diseñado. Las etapas de calentamiento, así como de recuperación aparecen resumidas en la misma figura.

Etapa de esfuerzo Comienza la prueba con velocidad inicial de 12 km/h, que va incrementando 1 km/h cada dos minutos hasta los 16 km/h. A partir de ahí, se eleva a 3 % la inclinación de la estera y se mantiene a 16km/h 1 minuto más. Continúa el esfuerzo elevándose la velocidad a razón de 1 km /h cada minuto hasta que se alcance el agotamiento, momento en que se anotará la velocidad máxima alcanzada (VMA) solicitándose al deportista que resista lo más que pueda y anotándose el tiempo de permanencia en esa velocidad (TLim).

Obsérvese que se hace referencia a la Velocidad máxima alcanzada (VMA) y no a la Velocidad Aerobia Máxima (VAM), estableciéndose así la diferencia entre la realización de una prueba directa con analizador de gases donde es más apropiado usar la terminología de Velocidad Aerobia Máxima, (VAM) a diferencia de cuando se utiliza una metodología indirecta como lo es en este caso, donde resulta más adecuado utilizar la terminología de Velocidad Máxima Alcanzada (VMA) .En el estudio realizado, ambas terminologías, son equiparables, para los fines que se persiguen.

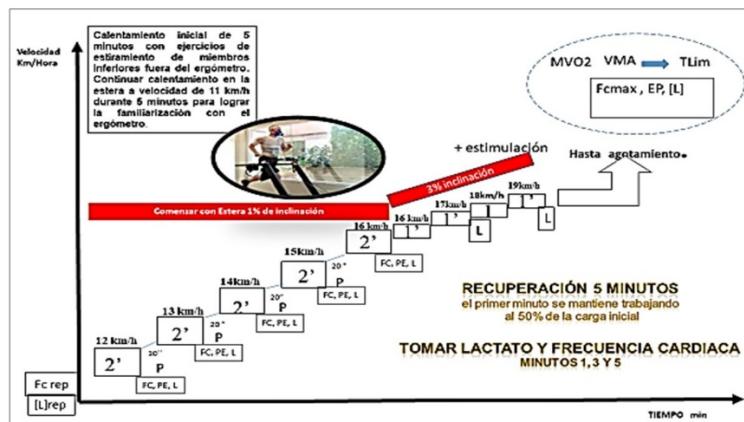


Figura 1. Estructura ergométrica del protocolo utilizado en la prueba de esfuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla I se reflejan los valores obtenidos para las variables e indicadores asociados al protocolo de esfuerzo una vez procesados los datos primarios de la prueba piloto.

Tabla I. Valores de las variables e indicadores

determinados durante el estudio piloto.

Desempeñ o	Tiempo de trabajo (min)	Mets (ml/kg/min)	Velocidad máx. alcanzada (km/h)	
	14	16,3	19	
Pulsometrí a lat/min	Fc reposo	Fc máx predicha	Fc máx alcanzada	% de Fc alcanzada / predicha
	79	186	210	112
				7
Esfuerzo Máximo	Vo2pico ml/min	Vo2p/Kg ml/kg/min	Pulso de Oxígeno ml/lat	
	4672	58,77	22	
[L] mmol/l	Reposo	Esfuerzo máximo	Min 1 Rec.	
	1,7	10,9	11,7	

Fuente: Base de datos del estudio

El atleta se mantuvo trabajando en el ergómetro durante 14 minutos, momento en que se detuvo la estera, debido a un fallo del software del Ergocit AT Plus® y en el que el atleta acababa de finalizar el minuto de carrera a 19km/h.

La frecuencia cardiaca máxima alcanzada fue de 210 lat/min lo que se correspondió con el 112 % de la frecuencia cardiaca máxima predicha.

Se estimó un consumo de oxígeno pico absoluto y relativo al peso, (4672 ml/min /58.77 ml/kg/min respectivamente) así como un pulso de oxígeno de 22 ml/lat.

Los valores de la concentración de lactato en el máximo esfuerzo y en el primer minuto de la recuperación fueron de 10.9 y 11.3 mmol/l respectivamente.

En la Figura 2 se aprecian, de forma gráfica, las relaciones mantenidas entre la frecuencia cardiaca, las concentraciones de lactato y del esfuerzo percibido durante los escalones de la prueba de esfuerzo, así como los valores de estas tres variables en el esfuerzo máximo.

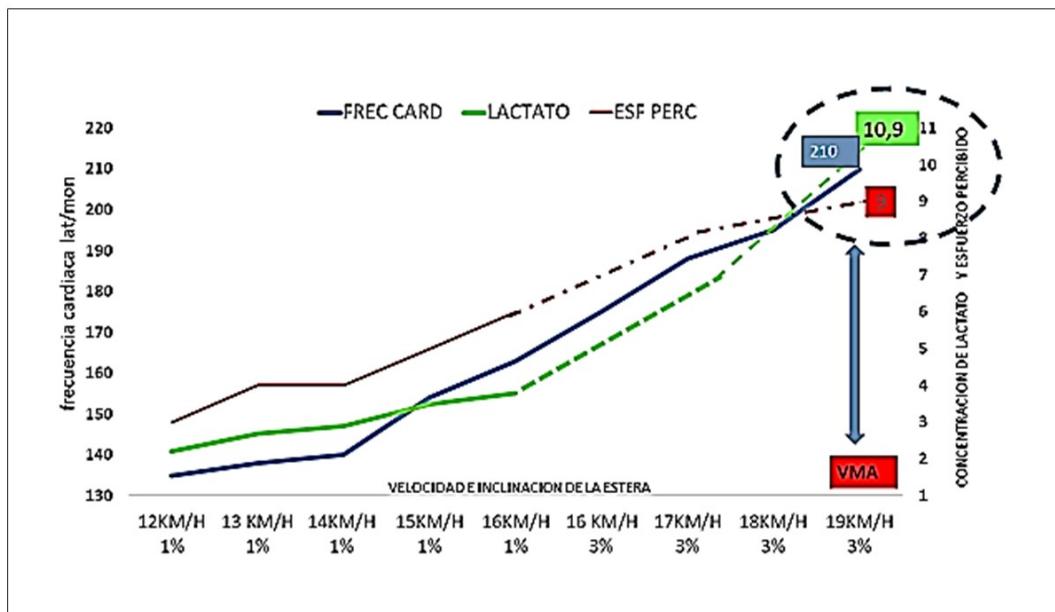


Figura 2. Comportamiento de la frecuencia cardiaca, la concentración de lactato y el esfuerzo percibido durante la prueba de esfuerzo y en el esfuerzo máximo.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una tendencia similar al crecimiento de los valores de las tres variables a medida que se incrementa la velocidad de carrera en los escalones llegándose a alcanzar una frecuencia cardiaca de 210 lat/min, 10.9 mmol/l de lactato y un esfuerzo percibido de 9 en el momento en que se produce el paro de la estera.

Discusión

Las pruebas de laboratorio muchas veces carecen de la especificidad propia de las ejecuciones a nivel del terreno, (la mayoría de las veces por la no disponibilidad de ergómetros específicos, lo que constituye un lastre para la metrología deportiva). Sin embargo, existen probadas razones que justifican su realización en determinados momentos del macrociclo, por lo que resulta necesario perfeccionar los métodos evaluativos que tradicionalmente se utilizan a este nivel con vistas a lograr resultados de mayor confiabilidad.

Para ello se necesita que los protocolos utilizados sean capaces de desencadenar en los sujetos respuestas fisiológicas que puedan medirse de forma sencilla y confiable, pero que a la vez sean susceptibles de evidenciar los cambios que dichas variables pueden experimentar bajo los diferentes regímenes de entrenamiento.

El diseño de los protocolos de Prueba de Esfuerzo que se realizan con vistas a efectuar el diagnóstico funcional del rendimiento está sustentado por una serie de requisitos generales que establecen o norman la manera en que debe diseñarse un protocolo, en cuanto a forma de incremento de los escalones, duración de estos, patrones de incrementos de carga entre otros^{1,13}.

Existen limitaciones en relación a los diseños de los protocolos utilizados en las pruebas de esfuerzo que restan especificidad a estas pruebas, (en lo que respecta a la simulación en el laboratorio) lo que es una de las condiciones más importantes que deben tenerse en cuenta desde el punto de vista metodológico para el trabajo en los laboratorios de pruebas de esfuerzo. Ante la diversidad de criterios generales existentes en la literatura para la conformación de los protocolos de esfuerzo, los autores de este trabajo decidieron asumir criterios propios para la confección del protocolo que sería aplicado a los pentatletas masculinos de alto rendimiento, debiéndose no obstante señalar que se tuvo en todo momento sumo cuidado de que se cumplieran las bases metodológicas generales establecidas para la valoración funcional en condiciones de laboratorio^{1,2}, en cuanto a que el protocolo demostrara objetividad en el momento de hacer la medición, y por tanto que fuera fiable, que permitiera discriminar atletas con diferente nivel de adaptaciones provocadas por el entrenamiento, es decir que fueran

precisos y válidos, permitiendo medir el rendimiento funcional de los deportistas. No menos importante fue el cuidado que se tuvo para lograr la máxima especificidad posible de acuerdo a las características de la ejecución deportiva.

A partir la revisión de documentos normativos del pentatlón moderno^{14,15,16}, así como del criterio del entrenador como especialista, que atiende este deporte, se definieron las principales características del pentatlón moderno y de forma muy específica de la carrera a pie a campo traviesa, combinada con el tiro con pistola laser que realizan estos deportistas, evento que por demás resulta muy importante pues es el último evento con el que concluye la competición del pentatlón moderno en la actualidad, pudiendo el resultado parcial que se obtenga en este último evento ser decisivo en el resultado final de la competencia, por lo que se justifica el interés del colectivo técnico de conocer el rendimiento aerobio de los deportistas, y específicamente de la VAM y el TLim.

En el protocolo diseñado, y siguiendo la orientación del entrenador, los 3000 metros se han distribuido en 5 escalones con una duración de 2 minutos, ya que según el especialista, en cada escalón de 2 minutos los pentatletas recorren aproximadamente una distancia de 600 metros, por lo que al cumplimentar los 5 escalones del protocolo, ya han recorrido los 3000 metros establecidos en la prueba, en un tiempo de 10 minutos, duración de carrera que puede influir en una buena puntuación para el pentatlón en competiciones masculinas.

En cuanto al tiro con pistola rápida, en el protocolo diseñado se han establecido 4 pausas de 20 segundos, la primera pausa se utiliza para la toma de muestra de sangre para la determinación de lactato y las tres restantes se toman para simular el tiempo que requieren para disparar a la diana, bajo la concepción de que aunque se dispone en cada ronda de tiro de un tiempo máximo de 50 segundos, para acertar cinco veces en la diana lo más rápidamente posible con un número ilimitado de disparos, 20 segundos es el tiempo mínimo que un pentatleta de alto rendimiento podría necesitar para lograr un porcentaje adecuado de efectividad, sin que sea necesario alargar el tiempo de la pausa establecida, lo que de hacerlo, podría alargar bastante

el tiempo total de la prueba, teniendo en cuenta además la capacidad recuperativa que pudieran tener estos deportistas en cada pausa.

La estera se fija inicialmente con una elevación del 1 % lo que contribuye a amortiguar el golpeteo de los pies durante la carrera y posteriormente a partir del escalón 6 la inclinación de la estera se eleva al 3 %, lo que impone un aumento de la carga en escalones sucesivos, con la finalidad de acelerar el arribo al agotamiento.

En cuanto a las velocidades establecidas en cada escalón, se establecieron buscando algunos puntos de contacto con el protocolo diseñado por Billat en 1994¹⁷, ser un protocolo validado y reconocido entre la comunidad científica internacional. De acuerdo con esto, se fijó una velocidad inicial de 12 km/h, incrementando 1 km/h cada 2 minutos, a diferencia del protocolo de Billat, donde se incrementan 2 km/h cada 3 minutos.

En el diseño actual se prefirió incrementar solo 1 km/h en cada escalón de 2 minutos para que la relación carga / tiempo de cada escalón fuera mejor soportada por los atletas, y sin que se sobrepasara mucho en la etapa submaximal del protocolo, la velocidad promedio de carrera de los pentatletas, simulando lo que acontece realmente en la competencia.

Una vez concluidos los 5 escalones de 2 minutos, la velocidad continúa incrementándose a razón de 1km/h cada minuto, hasta alcanzar el agotamiento del deportista, momento en el que se le solicita al deportista levantar la mano para anotar la VAM, y se le pide resistir el tiempo máximo que pueda a esta velocidad, para determinar el TLim.

El protocolo diseñado, muestra la particularidad de que permite evaluar, en un solo test la respuesta adaptativa al entrenamiento, mediante un test submaximal que abarca los 5 primeros escalones de dos minutos, y una vez finalizado éste, continuar incrementando el esfuerzo, hasta provocar el agotamiento. Una vez alcanzado ese estado, se podrá medir la respuesta aguda durante el esfuerzo máximo, al que se arribará en un tiempo relativamente corto, en dependencia de las posibilidades individuales del rendimiento funcional máximo de los deportistas; ello podrá ser medido y evaluado, mediante la utilización de los indicadores funcionales que se han

asociado al protocolo, como son la frecuencia cardiaca máxima alcanzada, la concentración máxima de lactato y el esfuerzo percibido en el momento del agotamiento.

En cuanto a los resultados obtenidos en el caso piloto, apuntan a una preparación aerobia "aceptable"¹⁸, que debe ser mejorada, conforme a los requerimientos que deben tener estos deportistas en la etapa de preparación general. Como ya ha sido planteado la estera se detuvo abruptamente al finalizar el minuto de carrera a 19 km/h, debido a una limitación impuesta por el software del Ergocit AT Plus® al que se había acoplado la estera, para la automatización de los cambios de escalones de acuerdo al tiempo de duración de estos y de la velocidad de carrera. Esta situación pudo haber influido en el resultado de los indicadores aerobios encontrados durante la prueba de esfuerzo.

No obstante para ese momento, ya la frecuencia cardiaca se encontraba en un 112 % de la frecuencia cardiaca máxima predicha, con un valor de 9 en la escala de Borg, correspondiente a una percepción de esfuerzo muy fuerte y un lactato en 10.9 mmol/l, lo que denota un esfuerzo máximo que no pudo ser sostenido por la parada abrupta que se produjo de la estera, lo que de no haber ocurrido, hubiese permitido además de determinar la velocidad máxima alcanzada (VMA), el tiempo de permanencia corriendo en esta velocidad es decir el TLim.

Asumiendo como esfuerzo máximo el momento en que paró la estera, se aprecia que en ese momento ya se habían alcanzado dos criterios de maximidad de la prueba de esfuerzo, es decir un valor de lactato por encima de 8 mmol/l (10.9 mmol/l) y una frecuencia cardiaca que sobrepasó hasta un 112 % la frecuencia cardiaca máxima predicha)¹⁹.

La no disponibilidad del analizador de gases para llevar a cabo el estudio piloto impidió determinar el consumo máximo de oxígeno, por lo que en la tabla II se refleja el valor estimado del VO2 pico, del VO2Pico/Kg y del pulso de oxígeno estimado a partir del VO2 pico.

Aun cuando el rango de esfuerzo percibido no está comprendido entre los criterios para demostrar la maximidad de una prueba de esfuerzo, no es menos cierto, que la correspondencia de este indicador con un valor de 9 en el momento de detenerse la prueba, contribuye a afirmar que el esfuerzo realizado si puede considerarse como máximo.

Conclusiones

Los resultados encontrados en el caso piloto, evidencian que la prueba es útil y válida ya que la misma demostró capacidad para determinar lo que se pretendía como objetivo del presente estudio, a pesar de realizarse en un solo caso y no haberse podido concluir la prueba tal y como estaba previsto.

También se puede afirmar que el diseño del protocolo realizado logró alcanzar la especificidad máxima posible, basados en los criterios que se tuvieron en cuenta y que fueron argumentados con anterioridad.

Además, demostró ser factible de realizar cuando no exista disponibilidad de un analizador de gases, auxiliándose de la integración de las variables biomédicas y psicológica durante la realización de la prueba.

Por tanto, el protocolo diseñado puede ser utilizado tanto cuando se disponga de tecnología para la determinación directa de la VAM y el TLim o como cuando ésta no esté disponible.

Se concluye que se diseñó un protocolo para prueba de esfuerzo en estera rodante que permitió estimar el MVO₂, y la VMA en pentatletas de alto rendimiento. La estructura del protocolo, remedia la cronología del último evento en el que se compite en este deporte, lográndose un nivel adecuado de especificidad en su diseño, induciendo una respuesta fisiológica lo más parecida posible a la que se produciría durante la competencia. Los resultados obtenidos en el estudio piloto permiten argumentar la utilidad del protocolo diseñado para conducir el esfuerzo del deportista hasta un nivel máximo, necesario para caracterizar el rendimiento funcional aerobio de los pentatletas.

Referencias bibliográficas

- 1-MacDougall JD, Howard AW y Howard JG. El objetivo de la evaluación fisiológica. En Mac Dougall DJ, Howard AW, Howard JG. (Ed). Evaluación fisiológica del deportista. Barcelona: Paidotribo; 1989.
- 2-Terrero J. Valoración funcional del metabolismo aeróbico. Métodos indirectos. Test de campo. En González IJ, Villegas GI. (Ed). Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales. Pamplona: FEMEDE; 1999.
- 3-Komar, J. T., & Komar, K. J. Periodization in Sport Training: A Review. International Journal of Sports Science & Coaching. 2020; 15(3):376-390.
- 4-Chang SC, Lee HJ & Kim JH. Physiological testing and monitoring of athletes. Journal of Exercise Rehabilitation. 2020; 16(4):381-388.
- 5-González Revuelta ME. Metodología para evaluar en el laboratorio el rendimiento funcional aerobio - anaerobio de deportistas de combate. [tesis]. Ciudad de la Habana: Universidad de Ciencias Médicas; 2007.
- 6-Balke B. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel U.S. Armed Forces Med. Journal, 1959,10:675 <http://www.sciepub.com/reference>
- 7-Pyne DB y Philo US. Protocolo de test incremental para la determinación de umbrales de lactato, VO2max y vVO2max. Octubre de 2014. <https://g-se.com/protocolo-de-test-incremental-para-la-determinacion-de-umbrales-de-lactato-vo2max-y-vvo2max-bp-357cfb26f6f593>
- 8-López Chicharro R. Determinación de la VAM con protocolos continuos vs discontinuos.13 de mayo 2016. <https://www.fisiologiadeejercicio.com/determinacion-de-la-vam-con-protocolos-continuos-vs-discontinuos/#comments>
- 9-Billat V, Pinoteau J, Petit B. Reproducibility of running time to exhaustion at VO2max in sub-elite runners. Med. Sci. Sports Exerc.1994; 26:259-263.
- 10-Berthon P, Fellmann N. General review of maximal aerobic velocity measurement at laboratory. Proposition of a new simplified protocol. Medicine and science in sports and exercise, 1982;14(5):377-381.

- 11-Tanaka H, Monahan KD, Seal DR. Age predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 37:153-156
- 12-Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise.* 1982; 14(5):377-381.
- 13-Rodríguez FA, Aragón MT. Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En: González GJ. (Ed.) *Fisiología de la Actividad Física y Deporte.* Madrid: Interamericana Mc Graw Hill; 1992. p.237-274.
- 14-Union Internationale de Pentathlon Moderne. *Competition Rules and Regulations.* January 2022. <http://www.uipmworld.org/uipm-rules-and-regulation>
- 15-Federación Española de Pentatlón Moderno. *Reglamento de competición de pentatlón moderno.* pentathlon.info. Archivado desde el original. 20 de junio de 2012.
- 16-Le pentathlon moderne, le biathlon et l'olympisme. En: *Revue Olympique*, oct. 1983; 192: 688-724.
- 17-Billat V, Pinoteau J, Petit B. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in elite runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1994; 26: 254-257
- 18-González Revuelta ME. *Pruebas funcionales respiratorias en reposo y durante el esfuerzo físico.* La Habana, Editorial Deportes. 2018; p.89-90.
- 19-Casajús JA, Piedrafita E y Aragón MT. Criterios de maximidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.* 2009; 9(35). <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista35/artcriterios114.htm>

Declaración de Autoría

-María Elena González Revuelta: Realizó aportes sustanciales a la idea, al diseño del estudio y al análisis e interpretación de las fuentes; participó en la búsqueda bibliográfica. Realizó la redacción final y la revisión crítica del contenido intelectual. Aprobó la versión final del manuscrito para su publicación.

-Yonael Díaz Gutiérrez: Realizó aportes a la idea y al diseño del estudio, participó en la búsqueda bibliográfica y en su análisis e interpretación. Participó en la redacción y aprobó el manuscrito para su publicación.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.