



REVISTA CUBANA DE MEDICINA DEL DEPORTE Y LA CULTURA FÍSICA

Versión On-line ISSN 1728-922X

VOLUMEN 12, NÚMERO 2, La Habana, Mayo-Agosto, 2017

Artículo Original

Título: Evaluación de la Potencia Aerobia en floretistas femeninas en condiciones de laboratorio y de terreno

Title: Aerobic Power assessment in women foils fencers on laboratory and field conditions

Autores:

Obregón Rodríguez Hilda,* Díaz Gutiérrez Yonael,** González Revuelta

María Elena*** *

Especialista de 1er Grado en Medicina del Deporte, Máster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo

** Especialista de 1er Grado en Medicina General Integral y Especialista en 1er Grado en Medicina del Deporte

*** DraC. Medicas, Máster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo , Especialista de 2do. Grado en Fisiología Normal y Patológica, Profesora Titular y Consultante, Investigadora Titular.

E-mail: mariele@inder.cu

Recibido: 4 de Julio de 2017

Aprobado: 31 de Julio de 2017

Resumen

Se realizó un estudio de la potencia aerobia de 6 atletas de la selección femenina de Esgrima florete, al inicio y final de la etapa general de un macrociclo de preparación. El objetivo además de evaluar el comportamiento de la potencia aerobia (MVO₂) durante la etapa fue comparar los resultados obtenidos para este indicador determinado en condiciones de laboratorio y de terreno. Para estimar el MVO₂ las deportistas fueron sometidas a un test de terreno de Tokmakidis de 1000 ms, y a un test de cargas progresivas hasta el agotamiento en el cicloergómetro, en ambos momentos de la preparación general. Se determinaron las estadísticas descriptivas del indicador estudiado con ambos tipos de así como una prueba de los rangos con signos de Wilcoxon un test de Mann–Whitney buscando diferencias estadísticamente significativas del MVO₂ con cada método entre los 2 momentos estudiados, y entre ambos métodos en cada momento del estudio respectivamente, con un nivel de confiabilidad de un 95%. Se encontraron valores superiores de MVO₂/Kg cuando la estimación se realizó en condiciones de laboratorio, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los dos momentos del estudio, bajo estas condiciones, no así en condiciones de terreno. Las comparaciones entre métodos solo arrojó diferencias significativas al final de la etapa. Como conclusión podemos plantear que existieron diferencias entre los resultados de laboratorio y terreno a la hora de evaluar el MVO₂, aspecto que deberá tenerse en cuenta cuando se requiera hacer una evaluación de mayor precisión. Los resultados aparecen reflejados en tablas y gráficos.

Palabras claves: máximo consumo de oxígeno, estimación del MVO₂, Test de terreno de Tokmakidis, cicloergometría

Abstract

A aerobic power study of 6 female foil fencers was carried out at the beginning and end of the general stage of a preparation macrocycle. In addition of objective to evaluating the behavior of the aerobic power (MVO₂) during the stage, there were compared the results obtained for this indicator determined in laboratory and field conditions. In order to estimate the MVO₂, fencers were submitted to a Tokmakidis field test of 1000 ms, and to a test of progressive loads until exhaustion in a cycloergometer, in both moments of the general preparation. Descriptive statistics were determined for MVO₂ studied on both conditions as well as non-parametric test of ranges test with Wilcoxon signs and a

Mann-Whitney test looking for statistically significant differences of MVO₂ with each method between the two studied moments, and between both methods in each respectively, with a reliability level of 95%. Higher values of MVO₂ / Kg were found when the estimation was performed under laboratory conditions, with statistically significant differences between the two moments of the study, under this condition but not under field conditions. Comparisons between methods only showed significant differences at the end of the stage. In conclusion, we can state that, there were differences between laboratory and field results when MVO₂ was assessed, which should be taken into account when a more accurate assessment is required. The results are reflected in tables and graphs.

Keywords: maximal oxygen consumption, MVO₂ estimation, Tokmakidis field test, cycloergometry

Introducción

El Consumo máximo de oxígeno (MVO₂) se define como la cantidad máxima de O₂ que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo¹.

Constituye el indicador tradicionalmente utilizado para evaluar la potencia aerobia máxima, es decir, representa el límite de las posibilidades aerobias del sujeto para la resíntesis del ATP, en la unidad de tiempo.

El consumo de oxígeno por la célula muscular durante el ejercicio es por tanto un elemento de gran importancia para la producción de energía sobre todo en los ejercicios de moderada intensidad y prolongados más allá de los 3 minutos. Su comportamiento durante los ejercicios de diferente intensidad refleja la respuesta metabólica de la célula muscular para satisfacer las demandas de energía que se requieren durante el ejercicio².

En el campo del control médico del entrenamiento deportivo, la determinación de la Potencia Aerobia Máxima, resulta de gran valor para evaluar el rendimiento funcional aerobio en las personas que practican ejercicios predominantemente aerobios así como de los deportistas que requieren desarrollar una adecuada resistencia de base para la ejecución de su performance aun cuando la ejecución deportiva no requiera la intervención preponderante de este sistema, contribuyéndose de esta forma a se pueda llevar a cabo una correcta planificación de las cargas de entrenamiento y lograr el cumplimiento de los objetivos de la preparación, auxiliando al entrenador y al atleta para que se alcance la forma deportiva en el momento preciso y en condiciones

óptimas de salud.

Aunque ciertamente la determinación directa del MVO₂, mediante el análisis de la composición del aire que la persona inspira y expira (análisis de intercambio gaseoso) es el método ideal para lograr una mayor exactitud de los resultados, este método resulta costoso y no siempre está disponible el analizador de gases en todas las circunstancias, por lo que como parte del control médico del entrenamiento deportivo, frecuentemente se utilizan métodos indirectos ya sea en condiciones de terreno, como en condiciones de laboratorio que permiten estimar el valor de este indicador con un rango de error menor de un 10% con relación a la medición directa³, pero sin que hasta el momento se haya determinado en qué medida los resultados obtenidos por cualquiera de estos métodos indirectos resultan o no semejantes.

Por esta razón nos propusimos como objetivo estimar el MVO₂ de las integrantes del equipo de esgrima florete, en la etapa de preparación general de macrociclo de entrenamiento para una competencia internacional, no solo utilizando el test de terreno habitual de Tokmakidis⁴, sino también utilizando un test cicloergométrico estandarizado en condiciones de laboratorio con una ecuación predictiva cuyo error estándar de la estimación se ha calculado en menos de un 10% con relación a la estimación directa, y de esta forma comparar los resultados entre ambas estimaciones en ambos momentos del estudio⁵.

Material y métodos

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, longitudinal, con dos cortes transversales, al inicio y final de la preparación general del macrociclo de entrenamiento preparatorio para los juegos Panamericanos de Toronto Canadá, donde el objetivo competitivo estaba fijado en la clasificación para el Panamericano del deporte.

El universo y muestra estuvo integrada por las 6 deportistas que formaron parte de la preselección nacional de esgrima-florete sexo femenino, que entrenaron en el centro ESFAR "Cerro Pelado" durante el año 2015.

Las 6 esgrimistas fueron sometidas tanto al inicio como final de la preparación general a una prueba de esfuerzo progresivo en un cicloergómetro eléctrico modelo RUN-74/T en el Laboratorio de pruebas funcionales del IMD. Para la estimación del MVO₂ se utilizó la fórmula de Wasserman y Whipp⁶.

$$\text{VO}_2 = 5.8 \times \text{Peso (Kg)} + 151 + (10.5 \times \text{Nm})$$

10.5: Factor de corrección para el alto rendimiento

Nm = Para calcular el VO2 Max, se usa la Potencia Máxima alcanzada en watts

Se realizó además un Test de Tokmakidis de 1000 ms para el cálculo indirecto del

VO2Max utilizando las ecuaciones de Legger, Mercier y Gaubin⁴, al inicio y final de la preparación general

$$\text{VO2Mx: } (K/H \times 0.8325 + 1.2730) \times 3.5.$$

Tanto la prueba ergométrica, como el test de terreno se realizaron en horas de la mañana y con una separación entre una y otra prueba de tres días.

Para realizar la evaluación cualitativa una vez estimados los resultados cuantitativos para el MVO2/Kg se confeccionó una escala de 5 rangos de acuerdo al método percentil quedando conformada de la siguiente forma: Mal (3p); Regular (10p); Bien (50p); Muy Bien (75p); Excelente (85p) o mayor. Las esgrimistas fueron evaluadas, con ambos métodos, utilizando esta escala, tanto al inicio como al final de la preparación general.

El procesamiento estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20,0 determinándose las estadísticas descriptivas del indicador. Se realizó además una prueba de los rangos con signos de Wilcoxon para dos muestras relacionadas, y un test de Mann–Whitney para muestras independientes buscando diferencias estadísticamente significativas del MVO2/Kg con cada método entre los 2 momentos estudiados, y entre ambos métodos en cada momento del estudio respectivamente. Se trabajó con un nivel de confiabilidad de un 95% ($p \leq 0.05$).

Para la realización del estudio se tomaron en cuenta los principios bioéticos requeridos para este tipo de investigación con seres humanos, solicitándoseles su consentimiento informado⁷.

Resultados

En la Tabla I se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas en condiciones de laboratorio en los dos momentos de la etapa estudiada (Ver Anexos).

Se observa que en todas las deportistas se encontraron valores superiores de MVO2/Kg al final de la preparación general, mejorando notoriamente sus

calificaciones en comparación al inicio de la etapa.

En la Tabla II se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas en condiciones de terreno en los dos momentos de la etapa estudiada (Ver Anexos).

Como puede observarse en esta tabla, el comportamiento fue diferente a los resultados obtenidos en la prueba de laboratorio, ya que aunque cuantitativamente los resultados al final de la etapa resultaron ligeramente superiores en cuatro de las floretistas, solo en dos floretistas (3 y 6) estos resultados les permitió modificar cualitativamente su evaluación, no así en las demás, que mantuvieron igual evaluación cualitativa que en el inicio de la etapa.

En la Figura 1 se muestran comparativamente los resultados del MVO2/Kg estimado en condiciones de laboratorio y de terreno al inicio y final de la preparación general del macrociclo en cada una de las esgrimistas estudiadas.

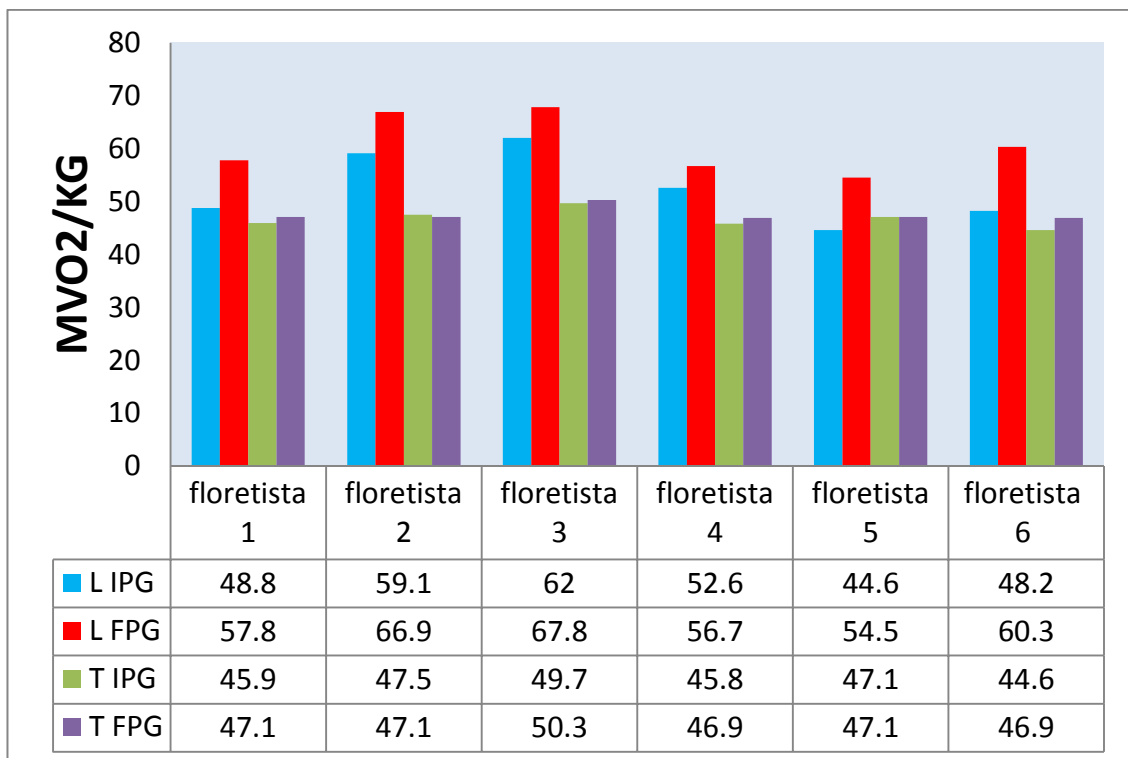


Figura 1. MVO2/Kg estimado en condiciones de laboratorio y terreno al inicio y final de la preparación general en cada una de las esgrimistas estudiadas. Fuente: Base de datos de los autores.

Se observa que en todas las deportistas se encontraron valores superiores de MVO2/Kg cuando la estimación se realizó en condiciones de laboratorio, además de

que el valor estimado de MVO2 fue superior al final de la preparación general.

En relación con los resultados obtenidos durante el test de terreno, se aprecia que los valores estimados de MVO2 fueron en sentido general, menores que los obtenidos en condiciones de laboratorio, además de que los valores obtenidos al final de la etapa mostraron un comportamiento más heterogéneo, ya que aunque en cuatro de las seis esgrimistas se obtuvieron valores de MVO2 ligeramente superiores al final de la etapa, en una se encontró un comportamiento contrario (florelista 2) y en otra (florelista 5) los resultados fueron idénticos.

En la figura 2 se muestran los resultados de las comparaciones entre los valores promedio de MVO2/Kg según los métodos utilizados y momentos del estudio.

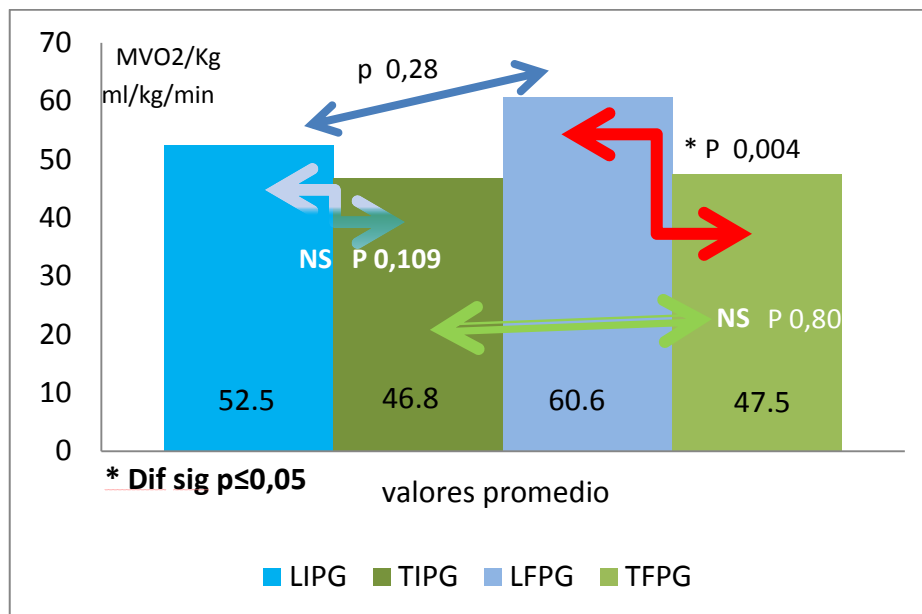


Figura 2. Resultados de las comparaciones entre los valores promedio de MVO2/Kg según los métodos utilizados y momentos del estudio. Fuente: Base de datos de los autores.

Como puede observarse las dos mediciones realizadas en condiciones de laboratorio resultaron superiores a las realizadas en condiciones de terreno.

Al comparar los resultados del MVO2/KG entre el inicio y final de la etapa con cada método no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para un valor de $p \leq 0,05$, mientras que al comparar los resultados obtenidos entre el laboratorio y el terreno en cada momento de la etapa estudiada, solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas al final de la etapa para un nivel de $p \leq 0,05$.

DISCUSIÓN

La Esgrima es un deporte donde la velocidad y capacidad de reacción en la realización de acciones de ataque y de defensa son fundamentales para lograr buenos resultados y llegar a la maestría deportiva⁸.

Aun cuando tales esfuerzos tan breves e intensos se realizan con una decisiva intervención del sistema neuromuscular y de los mecanismos energéticos anaerobios predominantemente alactácidos,^{9,10,11} los esgrimistas de élite realizan durante el entrenamiento y las competencias, elevados volúmenes de acciones ofensivas y defensivas a través de desplazamientos “explosivos” por lo que desde el punto de vista energético este deporte tiene características mixtas,^{8,12} cobrando gran importancia no solo las capacidades anaerobias sino también la capacidad aerobia la que resulta obviamente necesaria, no existiendo dudas que para lograr el triunfo es necesario además el empleo de una técnica depurada junto a un predominio táctico de las acciones.

La Esgrima se distingue marcadamente del resto de los deportes de combate, por requerir una compleja coordinación de los movimientos lo que hace que interactúen de forma sostenida el Sistema Nervioso Central y el Sistema Nervioso Vegetativo.¹³

Los músculos del esgrimista durante el combate realizan un trabajo dinámico de velocidad; sin embargo, la necesidad de mantener una posición específica durante el combate exige tensiones relativamente extensas y estáticas de los músculos del tronco, así como de las extremidades superiores e inferiores¹⁴, durante periodos de tiempo que oscilan entre los 3 a 5 minutos, de ahí la importancia de determinar periódicamente el valor del máximo consumo de oxígeno, como indicador de la potencia aerobia máxima parámetro de gran importancia como expresión del rendimiento funcional aerobio de los deportistas.

Por otra parte todo deporte requiere disponer de indicadores y de valores de referencia para evaluar, a través del Control Médico del Entrenamiento, aspectos de reconocida relevancia, por lo que el conocimiento en materia de fisiología del ejercicio y en particular lo relacionado con la adaptación a los cambios dinámicos que se producen durante el entrenamiento contribuye a obtener resultados deportivos superiores.¹⁵

La evaluación funcional del rendimiento se puede realizar tanto en condiciones de laboratorio como de terreno siendo el llamado Test de Tokmakidis ⁴ uno de los más popularizados. En muchas ocasiones este test se realiza rutinariamente sin que en realidad se conozca el nivel de precisión de sus resultados, de ahí la importancia de compararlos con los resultados obtenidos con otras pruebas que podrían resultar más confiables, como son por ejemplo las pruebas de laboratorio. ^{16,17}

Como pudo apreciarse en el gráfico 1, los resultados del MVO2 al inicio y final de la etapa de preparación general fueron bastante diferentes en las condiciones de laboratorio al compararlos con el Test de Tokmakidis. Así por ejemplo la diferencia entre métodos, tomando en cuenta los valores promedio obtenidos al inicio de la etapa fue de 5,7ml/kg/min, lo que representa el 10,8 % del resultado obtenido en la prueba ergométrica, mientras que la diferencia entre métodos tomando en cuenta los valores promedio obtenidos al final de la etapa aumentó hasta 13,1ml/kg/min, lo que representa un 21,6% del resultado obtenido en la prueba ergométrica.

Los resultados encontrados al realizar las comparaciones estadísticas entre métodos (gráfico No 2) pone en evidencia que las diferencias se hacen más evidentes entre los métodos a medida que los valores del MVO2 son mayores ,como consecuencia de las adaptaciones provocadas por el entrenamiento, no ocurriendo así al inicio de la etapa, donde al parecer el pequeño número de casos enmascaran este resultado..

Aunque las pruebas de terreno resultan más atractivas tanto para los deportistas como entrenadores, ya que no implican suspensiones de las sesiones de entrenamiento, no requieren de equipos específicos, ni de personal especializado, por lo que resultan más económicas y generalmente utilizan el mismo gesto deportivo que realiza el deportista , están sujetos a los efectos que pueden provocar sobre los resultados las variables ambientales, así como algunos aspectos volitivos que obviamente también pueden influir sobre éstos .

Sin embargo las pruebas de laboratorio, aunque generalmente son más costosas , por requerir de ciertos tipos de ergómetros, resultan más controladas y estandarizadas y por ello tienden a ser más fiables y precisas , permitiendo garantizar la constancia de

variables tales como temperatura, humedad ambiental, efectos de la dirección del viento y otras emociones externas.^{16,17}

Estas diferencias entre ambos tipos de pruebas podrían justificar los resultados que encontramos en el presente estudio, donde los resultados del terreno resultaron en general menores que en el laboratorio aun con las salvedades realizadas en cuanto a la significación estadística encontrada. Creemos que en realidad en este trabajo ha existido la limitación de que los resultados no se han podido comparar con un método de mayor exactitud cómo podría ser la medición directa a través del análisis de gases.

No hemos encontrado trabajos en la literatura especializada que reporten la implementación de pruebas médico-pedagógica de terreno concebidas para floretistas como si existen en el sable¹⁸ ni tampoco que permitan evaluar adaptaciones fisiológicas o metabólicas de los deportistas , por lo que se hace necesario el diseño de pruebas que puedan ser utilizadas en el Control Médico del Entrenamiento Deportivo para evaluar sistemáticamente el estado de la preparación y brinden información sobre el desarrollo de habilidades y capacidades relacionadas con la adaptación de los deportistas bajo el efecto del entrenamiento, considerando en dichas pruebas las propias condiciones de la actividad deportiva .

Como conclusión podemos plantear que existieron diferencias entre los resultados de laboratorio y terreno a la hora de evaluar el MVO₂, aspecto que deberá tenerse en cuenta cuando se requiera hacer una evaluación de mayor precisión, siendo necesaria la implementación de otro método de terreno de mayor especificidad que brinde un mayor nivel de exactitud para evaluar el rendimiento aerobio de estas deportistas

Referencias Bibliográficas

1. González ME. Fisiología del ejercicio: respuestas y adaptaciones provocadas por el ejercicio físico y el entrenamiento. 1ra, Ed. La Habana: Ed. Deportes; 2013. (en prensa).
2. Alonso J. Valoración funcional del deportista. En iniciación a la Medicina Deportiva. Barcelona: Editorial Médica Europea, S.A; 1991.
3. MacDougall JD, Howard AW. "The purpose of physiological testing." In: MacDougall JD, Howard AW, Howard JG. (eds). Physiological testing of the high performance athletes. 2nd Ed. Canadian Association of Sports Sciences Human Kinetics; 1991. p.1-5
4. Tokmakidis: New approaches to predict VO₂ MAX and endurance . Journal Sport Med and Phys Fitness. 1987; (27):401-9.
5. Gonzalez Revuelta ME. Manual de procedimientos del Laboratorio de pruebas de esfuerzo del IMD. Versión electrónica . La Habana 2015
6. Wasserman K. Prediction of oxygen uptake and CO₂ output for any given workload in watts. In: Erich Jaeger (Ed.) Ergoespirometry Seminar. Predicted values for exercise testing. Germany: Jaeger; p. 4-6, 1981.
7. CIOMS/OMS "Normas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en seres humanos." Ginebra: CIOMS/OMS 2002 Disponible en <http://www.bioética.ops.org>
8. Campomanes J, Sánchez V, Villapalos J, Martínez A, Sánchez L, Rodríguez P. Esgrima. Madrid: Comité Olímpico Español; (Unidades 1 y 2), 1993.
9. Chistiakova, I. Some aspects of functional diagnostics in sportsmen of high qualification. Lik Sprava. 2005; Jan-Feb (1-2):107-11.
10. Di Russo. Neural correlates of fast stimulus discrimination and response selection in top-level fencers. Neurosci Lett. 2006; Nov 13 408(2):113-8.
11. Díaz Rey, José A. Fundamentos Pedagógicos y Fisiológicos del Entrenamiento de los esgrimistas. José A. Díaz Rey. Ciudad de La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1984.
12. Baker Champ L. Manual de campo de medicina del deporte, Clínica. Editorial Médica Panamericana; 1998.
13. Keler V, Tishler D. El Entrenamiento de los Esgrimistas. Ciudad de La Habana: Editorial Científico - Técnica; p. 154, 1984.
14. Green H, Tupling R, Roy B, O'Toole D. Burnett M. Grant S. Adaptations in skeletal

muscle exercise metabolism to a sustained session of heavy intermittent exercise. *Journal of Cell Biology*. 2000; 278(1):E118-E126.

15. Almenares PE. "Evaluación Médico Pedagógica en deportes de Combate". Tesis de Master en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Ciudad de la Habana: IMD; 2000.
16. MacDougall JD, Howard AW. "The purpose of physiological testing." In: MacDougall JD, Howard AW, Howard JG. (Eds). *Physiological testing of the high performance athletes*. 2nd Ed. Canadian Association of Sports Sciences Human Kinetics; p.1-5, 1991.
17. Rodríguez GFA. Bases metodológicas de la valoración funcional. Ergometría. En: González IJ, Villegas GI, (Eds.) *Valoración del Deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. 1ra Ed. Pamplona: FEMEDE; .p. 235-70, 1999.
18. Raymond YR. Implementación de nueva prueba de terreno para el control médico del sable. Trabajo para optar por el Título de Máster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. La Habana: IMD, 2009.

ANEXOS

Tabla 1. Resultados de la evaluación del MVO2 en condiciones de laboratorio

| No | MVO2/Kg | MVO2/Kg | Eval | Eval |
|----|------------|-------------|------|------|
| | ml/kg/min | ml/kg/min | IPG | FPG |
| | IPG | FPG | | |
| 1 | 48,8 | 57,8 | R | MB |
| 2 | 59,1 | 66,9 | MB | E |
| 3 | 62,0 | 67,8 | E | E |
| 4 | 52,6 | 56,7 | B | MB |
| 5 | 44,6 | 54,5 | M | B |
| 6 | 48,2 | 60,3 | R | E |
| X | 52.5 ± 6,7 | 60.66 ± 5,5 | B | MB |

Fuente: Base de datos de los autores

Tabla 2. Resultados de la evaluación del MVO2 en condiciones de terreno.

| No | VO2M/Kg | VO2M/Kg | Eval | Eval |
|----|------------|------------|------|------|
| | ml/kg/min | ml/kg/min | IPG | FPG |
| | IPG | FPG | | |
| 1 | 45,9 | 47,1 | R | R |
| 2 | 47,5 | 47,1 | R | R |
| 3 | 49,7 | 50,3 | R | B |
| 4 | 45,8 | 46,9 | R | R |
| 5 | 47,1 | 47,1 | R | R |
| 6 | 44,8 | 46,9 | M | R |
| X | 46.8 ± 1,9 | 47.5 ± 1,3 | R | R |

