

Concordancia entre los valores de MVO₂/kg determinados en condiciones de terreno y laboratorio en boxeadores juveniles

Concordance between the values of mvo₂/kg determined in land and laboratory conditions in juvenile boxers

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

Amalia Yackeline González Marrero¹ <https://orcid.org/0000-0003-4350-9344>

Yonael Díaz Gutiérrez¹ <https://orcid.org/0000-0002-0243-7914>

Bárbaro Gutiérrez² <https://orcid.org/0000-0002-5320-9452>

¹Instituto de Medicina del Deporte, Departamento Docente. La Habana, Cuba.

¹Instituto de Medicina del Deporte. CUTMAN de la AIBA. Cuba.

¹Instituto de Medicina del Deporte, Laboratorio de Pruebas de Esfuerzo. La Habana, Cuba.

² Instituto de Medicina del Deporte, Médico Equipo de Boxeo Juvenil. La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia: mariae.gonzalez@inder.gob.cu

RESUMEN

Introducción: se trata de un estudio descriptivo, prospectivo y de corte transversal de una muestra intencional de 10 boxeadores de la preselección nacional juvenil de Cuba y que representan las primeras figuras de las categorías ligera, mediana y pesada. **Objetivo:** comparar los resultados obtenidos para el rendimiento funcional aerobio (MVO₂/KG), a través de pruebas de laboratorio y terreno. **Metodología:** todos los boxeadores fueron sometidos a una prueba de esfuerzo en veloergómetro, así como a una prueba de carrera en pista de 3000 metros y un “test de Peter modificado”, al inicio y final de la etapa de preparación física general de un macrociclo de entrenamiento. **Resultados:** se encontró que el test de laboratorio mostró los valores más elevados de la potencia aerobia relativa al peso corporal en las dos pruebas realizadas, mientras que los test de terreno mostraron valores más bajos. Se encontró también que el test de laboratorio puede solo ser intercambiado con el “Test de Peter modificado”, aunque asumiendo un rango de error cercano al límite máximo permitido. **Conclusiones:** el test realizado en condiciones de laboratorio mostró los

valores más elevados para los indicadores de la potencia aerobia durante la etapa, en la totalidad de los boxeadores por lo que este test puede ser solo intercambiable con el “test de Peter modificado” que mostró el menor error de estimación aunque cercano al límite máximo permitido.

Palabras clave: boxeo juvenil; test de Peter; test de Tokmakidis en boxeadores; veloergometría en boxeadores.

ABSTRACT

Introduction: this is a descriptive, prospective and cross-sectional study of an intentional sample of 10 youth boxers representing the first figures grouped in the light, medium and heavy categories. **Objectives:** to compare the results obtained for aerobic functional performance (MVO₂ / KG) through laboratory and field tests. **Methodology:** All the boxers were subjected to a strain test in veloergometer as well as a 3000-meter track race test and a modified Peter test, at the beginning and end of the general physical preparation stage of the entrance macrocycle to the National School of Physical Education teachers. **Results:** It was found that the laboratory test showed the highest values of aerobic power in the two tests performed, while the field tests showed lower values. It was also found that the laboratory test can only be exchanged with the modified Peter Test, although assuming an error range close to the maximum allowed limit. The results are shown in charts and graphs. **Conclusions:** the test carried out under laboratory conditions threw the highest values for the indicators of the aerobic power during the stage, in the entirety of the boxers being able to this test to be alone interchangeable with modified Peter's test although assuming a range of near error to the allowed maximum limit.

Keyword: youth boxing; peter test; Tokmakidis test in boxers; speedometer in boxers.

INTRODUCCION

Resultan de gran importancia los estudios de caracterización funcional de los deportistas que inician su carrera deportiva, por lo que se requiere perfeccionar los métodos existentes en aras de lograr un mejor diagnóstico inicial que permita orientar sobre bases objetivas los planes de entrenamiento.

Cada vez son más frecuentes la utilización de pruebas de terreno como parte del control médico del entrenamiento deportivo. Sin embargo es innegable que las pruebas de

laboratorio constituyen un elemento de mucho valor, que no puede obviarse, si se quiere realizar una adecuada conducción de la preparación deportiva, ya que en el laboratorio se pueden controlar determinadas condiciones ambientales que podrían modificar los resultados, además que se pueden determinar diversas variables fisiológicas y metabólicas, que permiten evaluar de forma objetiva el rendimiento del deportista.^(1,2) Lo anterior da la posibilidad de aplicar posteriormente los resultados e incorporarlos como medidas y acciones en la orientación del entrenamiento. Por esta razón las pruebas de laboratorio, resultan un complemento importante para la evaluación de terreno, pues se logra una mejor caracterización morfofuncional de los deportistas y con ello un mejor control médico del entrenamiento deportivo.⁽³⁾

Por tal razón resulta necesario comparar periódicamente los resultados obtenidos en la evaluación funcional de los deportistas, realizadas en condiciones de terreno con las que se realizan en condiciones de laboratorio, y así poder evaluar con mayor efectividad su programa de entrenamiento, lo que puede ser de gran utilidad en la determinación de la concordancia entre los resultados que se obtienen con ambos tipos de evaluación. En este trabajo se planteó el propósito de comparar los resultados del Máximo consumo de oxígeno relativo al peso corporal (MVO₂/Kg), estimado a través de una prueba de esfuerzo en veloergómetro, con los resultados estimados para este mismo indicador, utilizando algunas de las pruebas de terreno más aplicadas en el boxeo juvenil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación de tipo descriptiva de corte transversal con una muestra intencional de 10 boxeadores de categoría juvenil, constituida por las primeras figuras que integran las categorías Ligera (divisiones 49, 52, 56, 60 Kg), Mediana (divisiones 64, 69 y 75 Kg) y Pesada (81, 91 Y +91 Kg).

Para la selección de la muestra se tuvo en cuenta, además de pertenecer a la preselección nacional juvenil, obtener los mejores resultados deportivos dentro de la división de peso a la que pertenece el deportista, según criterio del colectivo técnico que dirigió la preparación deportiva. Además, no presentar enfermedades ni lesiones en el momento de realizar la selección y dar su consentimiento informado para participar de la investigación.

Todos los deportistas fueron sometidos a una prueba de esfuerzo en condiciones de laboratorio en dos momentos de la preparación deportiva: inicio y final de la preparación

general, en las que se aplicó un test incremental en veloergómetro, diseñado específicamente para este deporte.^(4,5) El MVO₂ se estimó mediante la fórmula de Wasserman y Whipp.⁽⁶⁾ El MVO₂ se dividió entre el peso corporal para obtener el valor del MVO₂/Kg de peso.

Además de la prueba de Laboratorio, todos los deportistas fueron sometidos a dos test habituales de terreno que se realizan en el boxeo juvenil: un test de resistencia específica en la pista: Test de Peter,⁽⁷⁾ modificado por González M, González R⁽⁸⁾ y un test de carrera de 3000 metros en pista, para la determinación del MVO₂ mediante las ecuaciones de Leger, Mercier y Gauvin, conocido como “Test de Tokmakidis”.⁽⁹⁾

El “test de Peter modificado”, consistió en una carrera en la pista, de 3 tramos cada uno, de 3 minutos de duración y 1 minuto de descanso entre los mismos, simulando los “tres asaltos de un combate de boxeo”. En relación con la Intensidad, se les exigió a los deportistas que se esforzaran en cada tramo de 3 minutos, como lo hacían en el combate, sin violar el plan táctico establecido por el entrenador. Se anotaron las distancias recorridas en cada tramo. Al finalizar el último de éstos, el deportista no se detuvo (como lo establece el test de Peter original), sino que continuó corriendo en la pista a la máxima velocidad posible hasta llegar al agotamiento. En este momento se anotó la distancia adicional recorrida y el tiempo en que la corrió, y estos valores se sumaron a la distancia recorrida en los 9 minutos del test de Peter original.

Si la distancia total recorrida durante la prueba no coincidía con alguna de las distancias establecidas para el cálculo de los METS empleados en la carrera, mediante las ecuaciones de Leger, Mercier y Gauvin,⁽¹⁰⁾ entonces se procedía a calcular el tiempo estimado que le faltó correr para poder aplicar la ecuación más cercana a la distancia que realmente logró correr antes de agotarse.

Todos los integrantes de este estudio lograron correr hasta el agotamiento una distancia promedio de 2700 metros, por lo que se decidió estimar en ellos el MVO₂ utilizando la fórmula de 3000 m aportada por Leger, Mercier y Gauvin,⁽¹⁰⁾ lo que además resultaba conveniente a la hora de comparar los resultados de este test con los resultados obtenidos por la carrera de 3000 metros en pista.

La velocidad durante toda la carrera se calculó mediante la fórmula $Velocidad = Distancia / tiempo$, donde la distancia fue la de 3000 m, pero el tiempo en cada deportista fue el empleado en cubrir la distancia real recorrida durante el test de Peter, más el tiempo adicional que hubiera necesitado para cubrir la distancia establecida de los 3000 metros. La velocidad expresada en m/seg se llevó a Km / h, multiplicándola por 3,6.

Se sustituyó el valor de la Velocidad en la fórmula correspondiente a los 3000 metros y el valor que se obtuvo en METS se multiplicó por 3,5 para estimar el MVO2 en ml/kg/min, según la siguiente fórmula: Número de metros en 3000 metros = $2,9226 + (0,8900 \times \text{Km/h}) = \text{metros} \times 3,5 = \text{MVO2/kg}$.

Durante la Carrera, se aplicó todo lo establecido en el Reglamento de competencia de la Asociación Internacional de Boxeo Aficionado (AIBA); incluidas voces de Mando del Árbitro: Stop, Break y Box. Se les exigió que se esforzaran al máximo en cada asalto, como lo hacen en el combate, sin violar el plan táctico establecido por el Entrenador.

Para la realización del test los deportistas utilizaron en su vestimenta todos los implementos que se utilizan en el Combate.

En relación con el Test de carrera de 3000 metros, “Test de Tokmakidis”⁽⁹⁾ se determinó el tiempo utilizado para cubrir la distancia de 3000 metros. Se calculó la velocidad de carrera, y el resto de procedimiento para estimar el MVO2/Kg fue similar al explicado con anterioridad.

Para definir la concordancia entre los resultados obtenidos para los indicadores aerobios (MVO2 y MVO2/Kg), a través de las diferentes pruebas realizadas se procedió a realizar un análisis gráfico mediante el test de Bland y Altman.⁽¹¹⁾ Este método permite comparar dos técnicas de medición sobre una misma variable cuantitativa. Es aplicable a casos en los que se requiere medir la diferencia entre un nuevo método con respecto a otro ya establecido o validado y así poder admitir o no el nuevo, en función de si resulta fiable y reproducible para el uso que ha sido concebido.

Para la aplicación del software confeccionado para efectuar el análisis gráfico de Bland y Altman⁽¹¹⁾ no se consideraron las categorías de peso de los boxeadores y se tuvieron en cuenta la totalidad de pruebas realizadas a cada uno de los boxeadores durante los dos momentos de la etapa analizada.

RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

En la **Figura 1**, se aprecian los resultados de las estadísticas descriptivas del MVO2 y MVO2/Kg, estimados en la etapa de preparación general para la totalidad de los boxeadores estudiados.

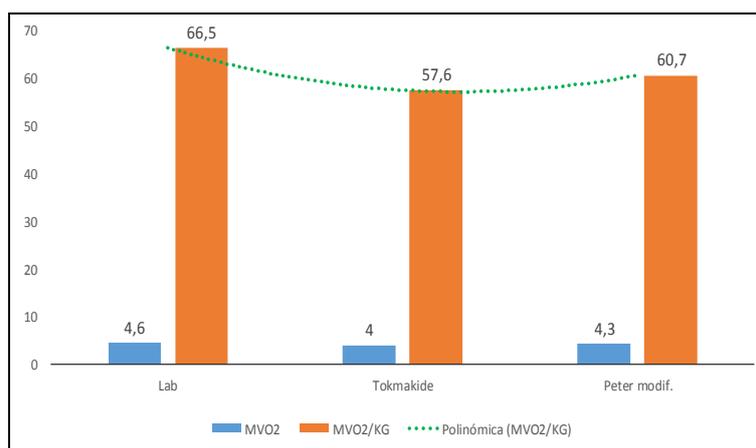


Figura 1. Valores estimados para los indicadores aerobios MVO2 (l/min) y MVO2/Kg (ml/kg/min) en la totalidad de boxeadores y en toda la etapa.

Como puede apreciarse, tanto para el indicador en su forma absoluta como relativa se presentan los valores más elevados en el caso de los indicadores estimados a través de prueba de laboratorio. Esto se explica por el hecho de que durante la prueba de laboratorio las cargas son mejor controladas lo que no ocurre de igual forma en las pruebas de terreno donde influye notablemente la motivación y voluntad del deportista para realizar la prueba.

En el caso de las pruebas de terreno, se aprecia que los valores más bajos correspondieron al “test de Tokmakidis”⁽⁹⁾ de 3000m., mientras que el “test de Peter modificado”, arrojó valores intermedios entre el test de laboratorio y el “test de Tokmakidis”. De acuerdo con el criterio de los autores, en el “test de Tokmakidis” los deportistas por lo general no se exigen a sí mismos como en realidad deberían hacerlo habitualmente, razón por la cual los valores que se obtienen para el MVO2 son más bajos que en el test de Peter, donde la obligatoriedad de usar toda la indumentaria que se utiliza durante el combate, así como el requerimiento continuo del médico y el entrenador para que los deportistas corran hasta el agotamiento, impone a los boxeadores, una mayor exigencia que en el “test de Tokmakidis”,⁽⁹⁾ pero en ambos casos inferior a los requerimientos que se exigen en el test de laboratorio.

En las **Figuras 2 y 3**, se reflejan los resultados del análisis gráfico de Bland y Almant⁽¹¹⁾ para demostrar la concordancia entre los métodos de laboratorio y de terreno utilizados para estimar el MVO2/Kg.

En el análisis gráfico de Bland y Almant⁽¹¹⁾, el eje Y corresponde a las diferencias entre los valores pareados de los métodos A y B (A-B), obtenidos en cada sujeto, mientras que el eje X representa el respectivo valor de la media de ambos métodos (A+B/2), como mejor estimador del valor real de la variable. En los gráficos se muestran además, tres líneas paralelas, que son los límites de concordancia superior e inferior y la línea que representa la

diferencia media: valor medio determinado por A-valor medio determinado por B, la que refleja el error sistemático, derivado de las observaciones pareadas realizadas.

La representación de los límites de concordancia permite juzgar visualmente la concordancia entre ambos métodos. Estos límites establecen el rango en el que se encontrarán aproximadamente un 95 % de las veces, las diferencias en los datos de un test y del otro. Cuanto menor sea el rango entre los límites, mejor será la concordancia.

Con relación a la línea que representa la diferencia media o error sistemático, si el método A y B obtienen valores de media similares, entonces la diferencia media se situará en cero o próxima a cero. Si se encontrara lejos de este valor, significaría que los dos métodos producen resultados diferentes donde el “nuevo método” subestima o sobreestima el valor del método supuestamente validado.

Para la interpretación de los resultados obtenidos, en el que se comparan dos métodos cada vez, el primer método (método A), corresponde al método utilizado en el laboratorio o “supuestamente validado”, mientras que el segundo método (método B) corresponde al método de terreno que “se consideró como nuevo”.

Los puntos que aparecen ploteados en el área del gráfico representan los resultados que se obtienen al comparar el resultado del indicador obtenido en el laboratorio y en el terreno, en cada sujeto y en cada uno de los dos momentos en que se realizaron las pruebas. El software excluye para el análisis a los sujetos que durante la etapa de estudio dejaron de hacer alguna de las pruebas que se estén comparando.

En la **Figura 2**, se muestran los resultados obtenidos al analizar la concordancia entre la prueba de laboratorio y el “test de Tokmakidis”.⁽⁹⁾

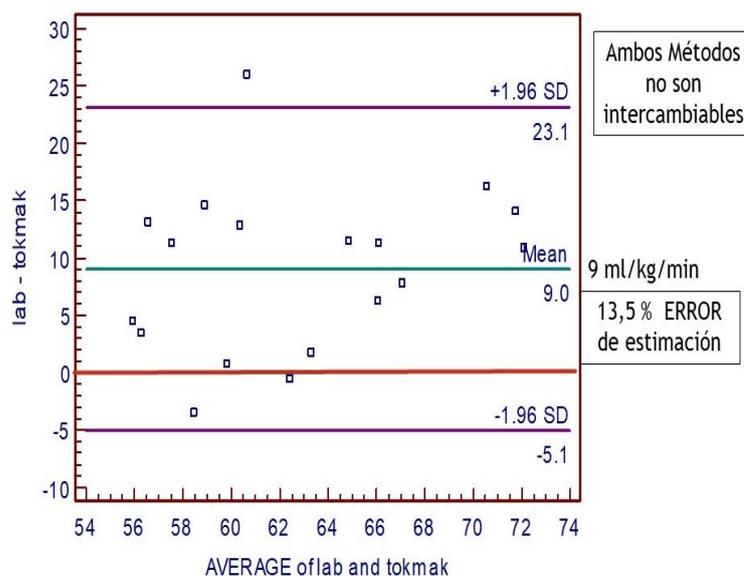


Figura 2. Análisis gráfico de Bland-Altman para demostrar concordancia entre los resultados del Laboratorio y el Test de 3000m para el MVO₂/Kg (“Test de Tokmakidis”). La comparación de estos métodos mostró un número de 18 observaciones válidas de una posibilidad de 20, es decir, un 90 % de la totalidad de resultados posibles a comparar. Al comparar ambos métodos se observó un sesgo o error sistemático de 9ml/kg/min, lo que indica que el “test de Tokmakidis” subestima los valores del MVO₂/Kg en una magnitud de 9ml/kg/min., en relación al test de laboratorio. Se asume el criterio que este resultado se debe, en gran medida, a los bajos valores obtenidos por la totalidad de los boxeadores en el “Test de Tokmakidis”⁽⁹⁾ al inicio de la preparación general, pero sobre todo de los boxeadores incluidos en la categoría mediana, que fueron los que mostraron los peores resultados. La diferencia de 9ml/kg/min, entre la estimación de ambos métodos, arroja un porcentaje de error de estimación del “test de Tokmakidis”,⁽⁹⁾ en relación al test de Laboratorio de un 13,5 %, por lo que ambos métodos no pueden ser intercambiables, ya que este valor sobrepasa el 10 % que es el valor máximo que puede ser aceptado como error de estimación al comparar dos métodos entre sí.^(12,13)

En la **Figura 3**, aparece el análisis gráfico al comparar la concordancia entre el test de laboratorio y el test de Peter modificado. De igual forma que en el caso anterior la comparación de estos métodos evidenció un número de 18 observaciones válidas de una posibilidad de 20, para un 90 % de la totalidad de resultados posibles a comparar.

En este análisis gráfico se observó un sesgo o error sistemático de 5,8ml/kg/min, lo que indica que el “test de Peter modificado” también subestimó los valores expuestos en el test

de laboratorio, pero la magnitud del sesgo en este caso es menor a la observada con el “test de Tokmakidis”,⁽⁹⁾ con un porcentaje de error de estimación de un 8,7 %, magnitud que se considera más adecuada para asumir que ambos métodos pueden ser intercambiables, ya que este porcentaje de error de estimación se encuentra por debajo de un 10 %.

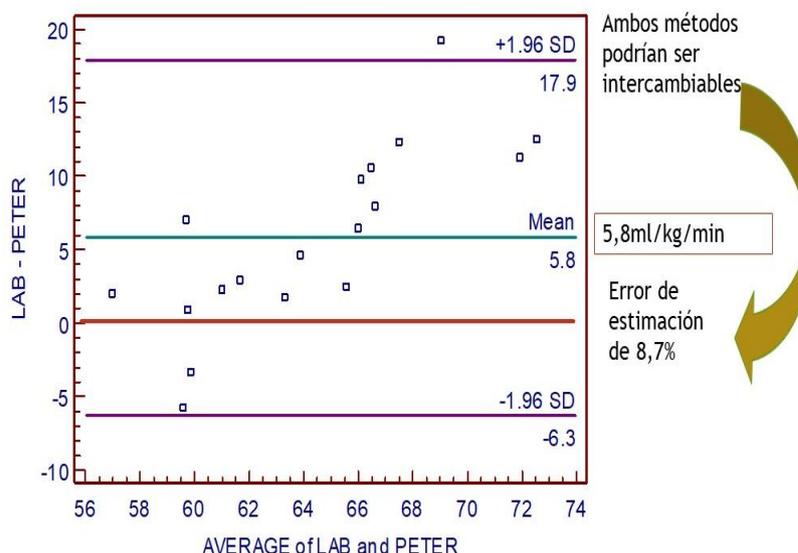


Figura 3. Análisis gráfico de Bland-Altman para demostrar concordancia entre los resultados del Laboratorio y el “Test de Peter modificado” para el MVO₂/Kg.

Al realizar el análisis de Bland-Altman⁽¹¹⁾ para el test de Laboratorio y los test de terreno utilizando el indicador aerobio en su forma absoluta (MVO₂), los resultados encontrados fueron similares a los antes descritos.

CONCLUSIONES

El test realizado en condiciones de laboratorio evidenció valores más elevados para los indicadores de la potencia aerobia durante la etapa estudiada que los test de terreno, en el que los valores más bajos correspondieron al “test de Tokmakidis”. Los resultados obtenidos por el análisis de concordancia entre métodos en la totalidad de los boxeadores permitieron comprobar que el test de laboratorio solo puede intercambiarse con el “test de Peter modificado” por ser este el que mostró un menor error de estimación, aunque cercano al límite máximo permitido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MacDougall JD, Howard AW. The purpose of physiological testing. In: MacDougall JD, Howard AW, Howard JG, editors. Physiological testing of the high performance athletes. 2nd ed. Canadian Association of Sports Sciences Human Kinetics; 1991. p.1-5
2. Bravo BCA. Evaluación del rendimiento físico. Sistema LDF. México: Ed. Kinesis; 2004
3. Ramírez C, Rodríguez A. Control médico del entrenamiento deportivo en la Lucha. Folleto de la Asignatura de Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Ciudad de La Habana: IMD; 1993.
4. González ME, Almenares PE, Nicot BG, y otros. Diseño de una prueba de esfuerzo para evaluar el rendimiento en boxeadores cubanos de elite. Rev. Cub de Medicina del Deporte. 2004; 1(2).
5. González ME, Nicot BG, Almenares PE, Amaro CHJR, Bartolo L. Utilidad de un test ergométrico para determinar el rendimiento aerobio-anaerobio en boxeadores cubanos de elite. Portales Médicos [revista en internet] 2005 Junio. [acceso el 15 de diciembre de 2019]. Disponible en: http://www.portalesmedicos.com/monografias/test_ergométrico_boxeadores/index.htm.
6. Wasserman K. Prediction of oxygen uptake and CO₂ output for any given workload in watts. In: Erich Jaeger, editors. Ergoespirometry Seminar. Predicted values for exercise testing. Alemania: Jaeger; 1981. p. 4-6.
7. Roque OP. Test de Peter. Revista Efdeportes [revista en internet] [2003 octubre](#). [acceso el 15 de diciembre de 2019]; [9 \(65\)](#). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/>
8. González M. Rendimiento aerobio-anaerobio en boxeadores de la selección nacional juvenil. Su determinación en condiciones de laboratorio y de terreno [tesis maestría]. Universidad de Ciencias Médicas de La Habana: Facultad Enrique Cabrera . Instituto de Medicina del Deporte; 2019.
9. Pancorbo Sandoval AE. Valoración funcional del deportista (El Test de Tokmakidis, un test interesante de campo). En: Medicina del Deporte y Ciencias Aplicadas al Alto Rendimiento y la Salud. Caixas do Sul: Educs; 2002.

10. Leger L, Mercier D, Gauvin L. The relationship between % VO₂máx and running performance time. En: Landers DM, editors. Sport and elite performers. Vol 3. Champaign: Human Kinetics; 1986. p. 113-20.
11. Gil Martínez M. Análisis gráfico de Bland-Altman. PDF [acceso el 15 de diciembre de 2019]. Noviembre 2017. Disponible en: <https://github.com/>
12. Terrero J. Valoración funcional del metabolismo aeróbico. Métodos indirectos. Test de campo. En: González IJ, Villegas GI, editores. Valoración del Deportista. Aspectos biomédicos y funcionales. 1^{ra} ed. Pamplona: FEMEDE; 1999. p. 482-520.
13. Fox EL. Fisiología del Deporte. Buenos Aires: Médica Panamericana; 1989.

Declaración de Autoría

María Elena González Revuelta: elaboración del artículo.

Amalia Yackeline González Marrero: concepción de las ideas.

Yonael Díaz Gutiérrez: obtención de los datos y procesamiento.

Bárbaro Gutiérrez: revisión crítica del documento.

Conflicto de Interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.