

Caracterización del rendimiento funcional aerobio anaerobio de deportistas cubanos de combate de alto rendimiento mediante una prueba de esfuerzo en condiciones de laboratorio

Characterization of the aerobic and anaerobic functional performance of Cuban combat athletes at a high level of performance using a stress test under laboratory conditions

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

María Evelina Almenares Pujadas¹ <https://orcid.org/0000-0002-5224-2998>

Sofía León Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-9242-0074>

William Carvajal Veitía¹ <https://orcid.org/0000-0002-6228-8922>

Dumier Ofelia Reyes Vega¹ <https://orcid.org/0000-0002-7289-140X>

Sheila Echevarría Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0003-1391-8825>

Meyra López Ramos <https://orcid.org/0000-0003-1463-2909>

¹ Instituto de Medicina del Deporte. La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: mariaelena25350@gmail.com

RESUMEN

Con este tercer artículo concluye el estudio del rendimiento funcional aerobio anaerobio en deportistas cubanos de combate de alto rendimiento. El objetivo de la investigación es caracterizar la respuesta funcional en el esfuerzo máximo durante una prueba de esfuerzo en condiciones de laboratorio. Los mismos deportistas de combate que realizaron el test submaximal, informado en la parte II de la trilogía de artículos, una vez concluido éste,

continuaron trabajando en el ergómetro hasta producirse el agotamiento. Se determinaron indicadores de desempeño, pulsometría, de concentraciones de lactato e indicadores del rendimiento y eficiencia aerobia, relevantes para caracterizar la respuesta fisiológica de los deportistas en el esfuerzo máximo. Se encontraron valores de porcentaje de frecuencia cardiaca máxima alcanzada, en relación a la predicha y de concentraciones de lactato que avalan la maximidad de la prueba realizada. Los deportistas Ligeros y Medianos fueron los que mostraron los mayores valores del índice carga peso, así como de los indicadores del rendimiento funcional aerobio de los distintos deportes y categorías de peso en los dos momentos estudiados, a diferencia de los deportistas de categorías más pesadas, que fueron los que obtuvieron los peores resultados. Se logró caracterizar la respuesta funcional de deportistas de combate en el esfuerzo máximo. La metodología diseñada para efectuar la caracterización de los deportistas resultó demostrar una adecuada capacidad discriminativa entre las diferentes categorías de peso, demostrando su utilidad para el cumplimiento del objetivo propuesto.

Palabras clave: Prueba de esfuerzo máximo; rendimiento aerobio anaerobio; deportistas de combate; metodología indirecta para determinar rendimiento aerobio.

ABSTRACT

This article concludes the study of aerobic anaerobic functional performance in Cuban High Performance combat athletes. The aim of this study is to characterize the functional response in the maximum effort during a stress test under laboratory conditions. The same combat athletes who performed the submaximal test (part II of the trilogy), once it was completed, continued working on the ergometer until exhaustion occurred. Performance indicators, pulsometric, lactate concentrations and indicators of performance and aerobic efficiency, relevant to characterize the physiological response of athletes in maximum effort, were determined. percentage values of maximum heart rate reached in relation to the predicted and lactate concentrations were found that support the maximally of the test

performed. The Light and Medium athletes were the ones that showed the highest values of the weight load index, as well as of the aerobic functional performance indicators of the different sports and weight categories in the two moments studied, unlike the athletes of heavier categories. They were the ones that got the worst results. It was possible to characterize the functional response of combat athletes in maximum effort. The methodology designed to carry out the characterization of the athletes turned out to demonstrate an adequate discriminative capacity between the different weight categories, demonstrating its usefulness for the fulfillment of the proposed objective.

Key words: maximum effort test; aerobic anaerobic performance; combat athletes; indirect methodology to determine aerobic performance.

Recibido: 28/08/2024

Aprobado: 23/11/2024

Introducción

La caracterización del rendimiento funcional en cualquier deporte es de gran importancia para evaluar en qué medida los atletas se adaptan a las demandas de la actividad que realizan^{1,2,3,4}. Las demandas cambian con los cambios de regla y cada vez se hace más importante poseer un perfil actualizado de las nuevas adquisiciones en estos deportistas⁵. Hoy en día está de moda el entrenamiento funcional en los deportes de combate, una nueva alternativa basada en la simulación de la performance que ha sido propuesta como una alternativa al entrenamiento de resistencia tradicional. En la evolución de las pruebas funcionales se ha buscado la simulación competitiva de las características de una disciplina deportiva para evaluar habilidades biomotoras como la fuerza, velocidad, potencia, resistencia y coordinación⁴. En el taekwondo⁶, Artes Marciales Mixtas⁷ y otros

deportes de combate como la lucha, boxeo y judo hay experiencias expuestas en la literatura; al respecto, varios autores han hecho recomendaciones que pueden ayudar al monitoreo y a la prescripción de las sesiones de entrenamiento ^{2,3,8}.

En la literatura internacional se han planteado algunas discrepancias en cuanto a las características funcionales de los diferentes deportes de combate, específicamente en cuanto a la capacidad aerobia en luchadores, boxeadores y judocas. Se ha planteado que quizás estas discrepancias se deban a divergencias debido a las diferentes metodologías empleadas para los estudios de estas disciplinas y al rango de pruebas de ejercicios continuos realizadas en un entorno deportivo específico ⁹.

En Cuba estas pruebas han tenido el inconveniente, en los últimos años, de la carencia de analizadores de gases a escala nacional; sin embargo, para que las mismas puedan ser generalizadas también es importante desarrollar pruebas indirectas que permitan la monitorización de las adaptaciones funcionales en deportistas de combate con las especificidades competitivas de cada una de las modalidades.

De ahí que este trabajo persigue como objetivo caracterizar las respuestas funcionales de los deportistas cubanos de combate de alto rendimiento durante un esfuerzo máximo, como elemento de importancia que ayudaría a simular las respuestas fisiológicas que se presentarían en relación con el rendimiento aerobio en circunstancias competitivas. Se pretende también brindar valores de referencia del rendimiento aerobio de estos deportistas a partir de los indicadores de consumo máximo de oxígeno relativo al peso (MVO_2/kg) y del Índice de eficiencia aerobia (IEA), como parámetros de referencia para el control médico del entrenamiento deportivo, cuando se realice la evaluación de forma indirecta.

Con este trabajo finaliza el estudio dirigido a realizar la caracterización del rendimiento funcional aerobio anaerobio en deportistas de combate cubanos, de alto rendimiento. En toda su extensión, la investigación se ha presentado en una trilogía de artículos.

Métodos

Se realizó un estudio prospectivo, de corte transversal y de aplicación, con deportistas de combate, de los equipos nacionales de boxeo, taekwondo y luchas de Cuba y el equipo nacional de judo de Guatemala, agrupados según categorías de peso y sometidos a una prueba de esfuerzo máximo en condiciones de laboratorio en dos momentos de un macrociclo de entrenamiento, el inicio (IPG) y final (FPG) de la preparación general, con una duración aproximada de 8 semanas entre ambos momentos. El estudio en general se desarrolló durante un período de 4 años.

Los protocolos de prueba de esfuerzo diseñados para los distintos deportes de combate, constan de dos partes; una parte submaximal que remeda los “combates tipo” y una vez concluida ésta, comienza la parte maximal del test de esfuerzo, donde la carga se incrementa progresivamente hasta provocar el agotamiento del deportista.

Durante el protocolo de esfuerzo máximo, se determinaron las siguientes variables e indicadores:

Pulsometría (lat/min): Frecuencia cardíaca de reposo, frecuencia cardíaca máxima alcanzada, % de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en relación a la predicha, (estimada según formula $220 - \text{edad}$) (Julio & Franchini, 2021).

Concentración de lactato (mmol/l) en el reposo y en los minutos 3 y 5 de la recuperación.

Índice carga/peso en el máximo esfuerzo (vatios/kg de peso corporal).

Indicadores fisiológicos aerobios: MVO_2 (l/min), MVO_2/kg de peso corporal (ml/kg/min) e Índice de eficiencia aerobia (IEA; ml/kg/lat).

El MVO_2 máximo, fue calculado de forma indirecta mediante la fórmula de Wasserman (1981)¹⁰ y a partir de este resultado se determinó el MVO_2/kg .

Durante la etapa estudiada todos los deportistas estaban bajo un régimen de entrenamiento diseñado y controlado por el colectivo técnico de entrenadores de cada una de estas especialidades de combate y orientado fundamentalmente al desarrollo de la resistencia general de base.

El procesamiento estadístico de los resultados se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS-PC versión 20.

En el trabajo solo se reflejó la tendencia central (media) de las variables e indicadores fisiológicos, determinados según categorías de peso, en la etapa de preparación general de los macrociclos correspondientes a cada especialidad deportiva. También se determinaron los percentiles 97, 70, 50, 30 y 3 siguiendo el criterio de Zatsiorsky ¹¹ para el MVO₂/Kg y el IEA, los cuales fueron asociados a los criterios evaluativos de Muy Bien (MB), Bien (B), Regular (R), Mal (M) y Muy mal (MM) respectivamente, para evaluar el MVO₂/kg, como indicadores de la potencia aerobia máxima, y del IEA como indicador de la eficiencia cardiovascular.

Resultados y Discusión

La Figura 1 muestra los valores promedio de Frecuencia cardíaca máxima alcanzada, porcentaje de frecuencia cardíaca máxima en relación a la predicha y concentraciones de lactato a los minutos 3 y 5 de la recuperación, tanto al IPG, como al FPG, en todas las categorías de peso y especialidades de combate.

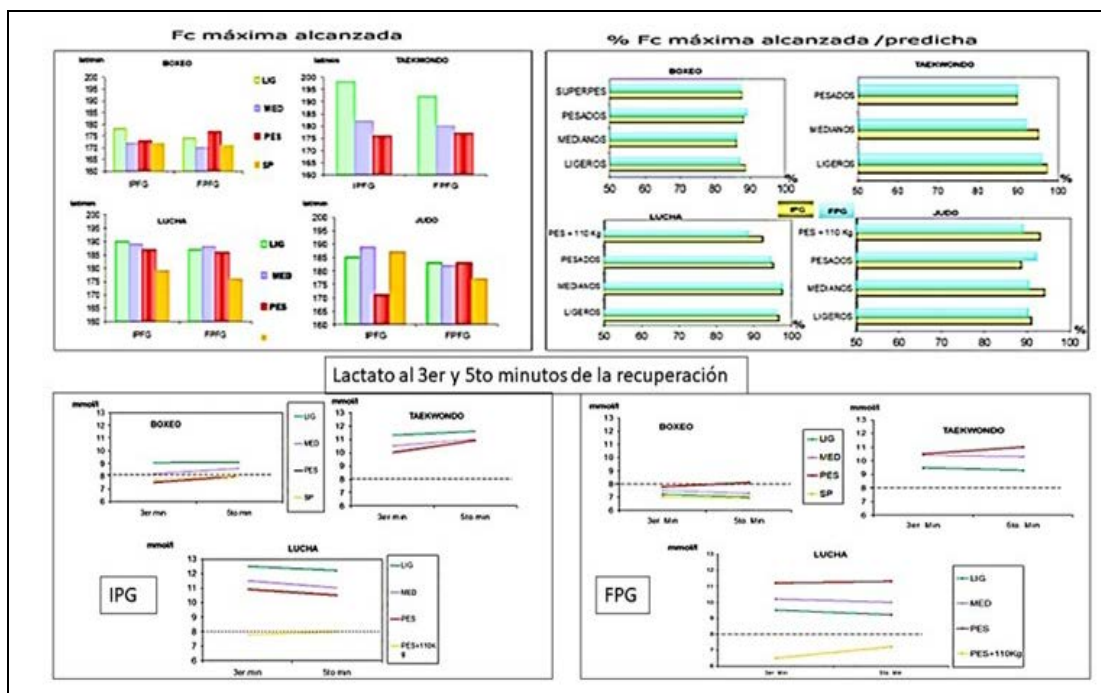


Fig. 1.- Valores promedio de Frecuencia cardíaca máxima alcanzada, % frecuencia cardíaca máxima en relación a la predicha y concentraciones de Lactato a los minutos 3 y 5 de la recuperación, al IPG y FPG en todas las categorías de peso y especialidades de combate.

En relación con la frecuencia cardíaca máxima alcanzada, sus valores estuvieron en un rango comprendido entre 170 –198 lat/min; el boxeo fue el deporte que mostró los valores más bajos, en todas las categorías de peso y en las dos pruebas realizadas en el macrociclo; no obstante, el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima alcanzada en relación a la predicha según la edad estuvo muy próximo o superó el valor del 90% en todas las categorías de peso y especialidades de combate.

En una gran cantidad de deportistas se manifiesta una tendencia, a aumentar ligeramente las concentraciones de lactato hacia el quinto minuto de la recuperación, con excepción de todos los luchadores, no así los de más de 110 kg de peso. Se revelan también cifras más bajas de lactato al FPG, así como una tendencia, en la mayoría de los deportistas en todas las categorías y especialidades, a la disminución de los valores al quinto minuto de la recuperación (con excepción de los boxeadores pesados, luchadores de más de 110 kg y, más discretamente, en taekwondoistas pesados).

No se presentan los valores de las concentraciones de lactato en el judo, pues no hubo disponibilidad de los medios necesarios para su determinación al FPG.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento del Índice máximo de carga/peso de las diferentes categorías y especialidades de combate al finalizar la prueba de esfuerzo, en los dos momentos de la preparación general del macrociclo estudiados.

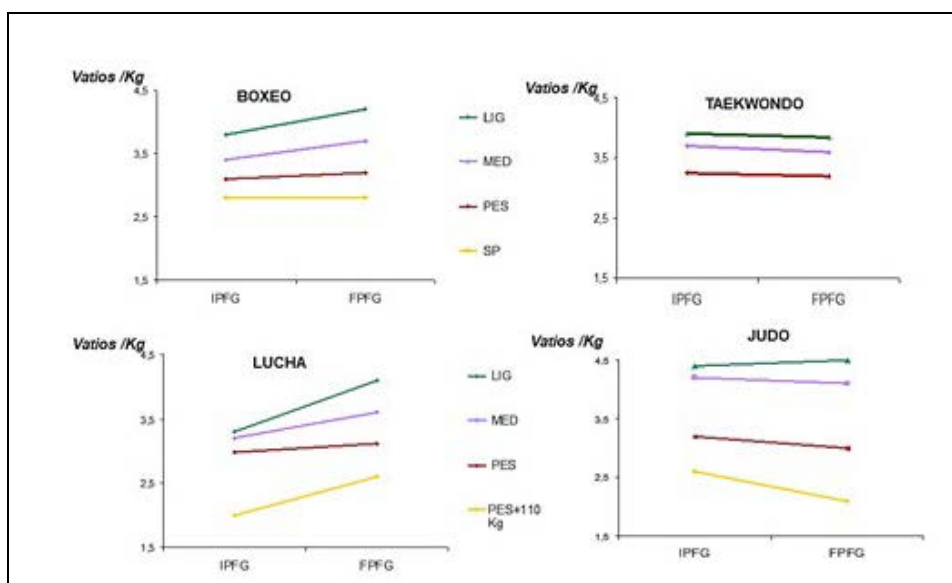


Fig. 2.- Índice máximo de carga/peso según categorías de peso y especialidades de combate, en ambos momentos del estudio.

Se observa que fueron los sujetos de categorías ligeros y medianos en general, a diferencia de los sujetos de categorías más pesadas, los que alcanzaron los valores más altos de este indicador, tanto al inicio como al final de la etapa. También se aprecia como en boxeadores Ligeros y Medianos, así como en todos los luchadores, y en los judocas Ligeros, se encontraron tendencias a mejorar el valor del índice al FPG.

En la Figura 3 aparecen los resultados correspondientes al MVO2 y MVO2/kg. En relación al MVO2 se observa como el valor promedio de este indicador fue aumentando en la medida que aumentaba el peso de la categoría, en todas las especialidades y en los dos momentos del estudio, con una discreta tendencia a ser mayores los valores al final de la preparación general. Se exceptúa de este comportamiento al judo donde, a pesar de que fue en estos

deportistas donde se encontraron los valores más elevados del indicador al inicio de la etapa; fueron ellos, sin embargo, los que arrojaron los menores valores al final de la misma. En relación con el MVO2/kg, los valores promedio del indicador fueron disminuyendo a medida que aumenta el peso de la categoría, como era de esperar. Además, también se refleja una tendencia a valores promedio mayores al final de la etapa en las distintas disciplinas de combate, excepto en el caso del judo donde los valores fueron, en general ligeramente menores.

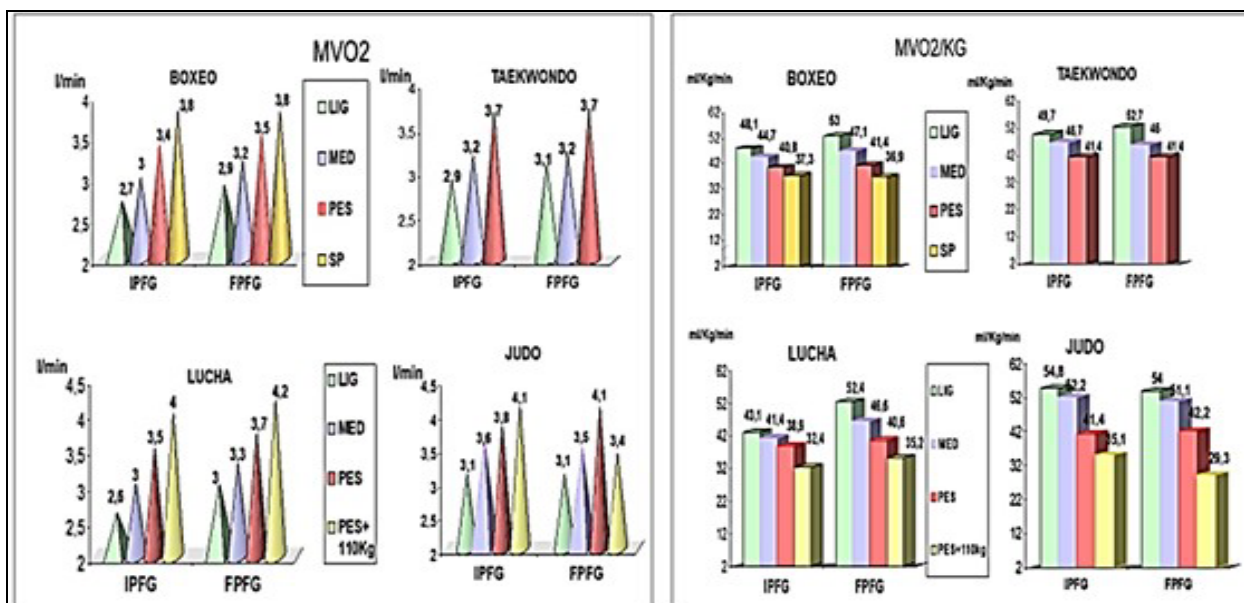


Fig. 3.- Valores promedio de los indicadores MVO2 y MVO2/kg en las diferentes especialidades deportivas y categorías de peso.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del índice de eficiencia aerobia en las diferentes categorías de peso de las disciplinas de combate analizadas.

Se aprecia que los deportistas de categoría Ligeros y Medianos fueron los que arrojaron los valores más elevados de todas las categorías de peso, con tendencia a incrementar los valores al FPG. Se exceptúan de este comportamiento los sujetos de mayor peso de todas las disciplinas deportivas, los que mostraron tendencia a mantenerse iguales en ambos momentos del estudio (boxeo, taekwondo, lucha) o a una tendencia manifiesta a su disminución (judo).

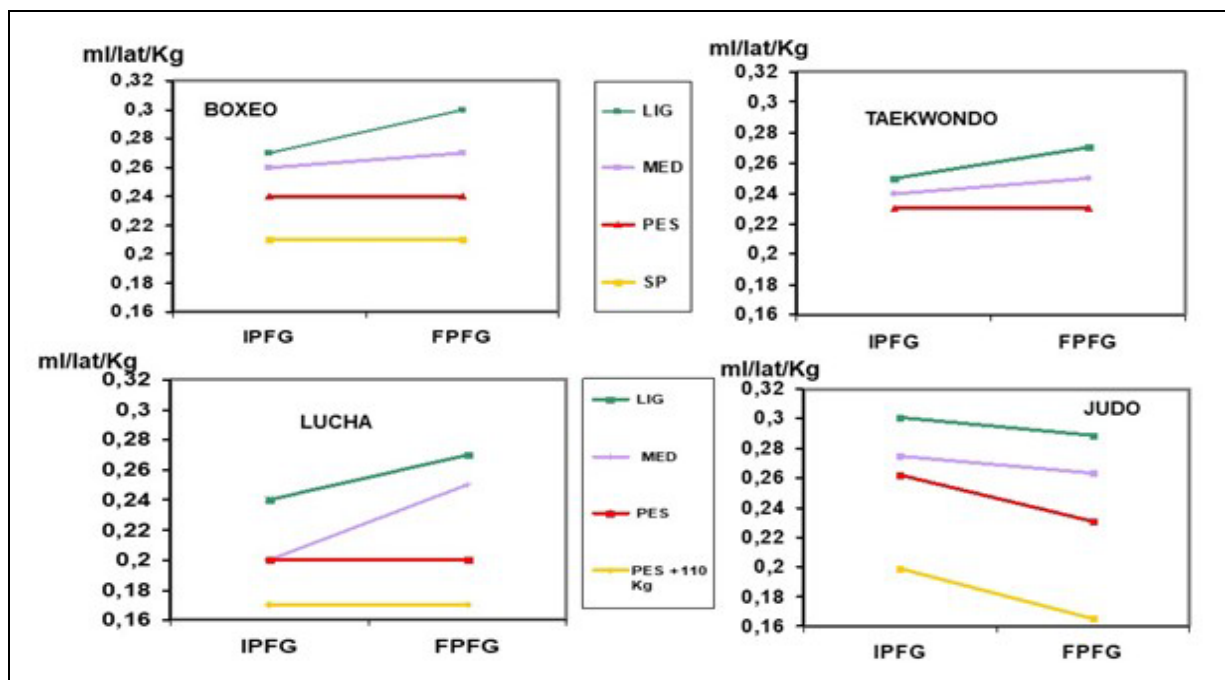


Fig. 4.- Comportamiento del índice de eficiencia aerobia según categorías de peso y especialidades de combate.

El desarrollo de este trabajo enfoca su atención en el análisis del comportamiento de algunos de los indicadores funcionales más utilizados, para caracterizar, con la metodología diseñada, el rendimiento funcional aerobio anaerobio de los deportistas de combate en el esfuerzo máximo.

Las cifras ligeramente bajas de frecuencia cardíaca, observadas al final de la prueba de esfuerzo, principalmente en el boxeo están condicionadas, de acuerdo al criterio de los autores, por diversos factores como son, en primer lugar, la realización de trabajos interválicos de 2 o 3 minutos de duración con pausas de 15 y 30 segundos y hasta de un minuto entre escalones (como es el caso del boxeo), lo que implica un esfuerzo menos sostenido, con una mayor posibilidad de recuperación cardiovascular entre las pausas en deportistas de alto rendimiento, aspecto que fue descrito por Julio y Franchini ³ en una revisión narrativa sobre deportistas de combate. Por otro lado, el tipo de ergómetro utilizado, es también un factor a considerar, ya que es conocido que la bicicleta ergométrica, tiene el inconveniente de requerir durante el esfuerzo una masa muscular activa más

pequeña, lo que acelera la fatiga muscular local de los músculos del cuádriceps¹², y en algunos casos precipita el fin del ejercicio, aun cuando desde el punto de vista cardiovascular, este sistema no haya llegado al límite de sus posibilidades funcionales.

A pesar de que las frecuencias cardíacas máximas alcanzadas, resultaron ligeramente bajas en términos absolutos en muchos deportistas, sin embargo, en todas las pruebas realizadas su valor porcentual en relación a la frecuencia cardíaca máxima predicha según la edad, estuvo muy próximo o superó el valor del 90%, valor que puede considerarse aceptable en estos deportistas y por lo tanto, se asume como cumplido uno de los criterios establecidos para poder considerar como máximo el esfuerzo realizado¹³. Por lo tanto, los resultados son útiles para determinar el rendimiento funcional de los deportistas estudiados.

En relación a las concentraciones de lactato, se observó cómo al IPG todos los deportistas arrojaron cifras de lactato por encima de los 8 mmol/l a los 3 minutos de la recuperación, excepto los boxeadores pesados y superpesados junto a los luchadores pesados de más de 110 kg de peso corporal, quienes alcanzaron valores de 7,5 y 7.8 mmol/l respectivamente, pero ya a los 5 minutos de la recuperación, estos sujetos llegaron a alcanzar también valores de 8 mmol/l, lo que es otro criterio a tener en cuenta para considerar que la prueba de esfuerzo realizada representó un esfuerzo máximo para todos los deportistas estudiados¹⁴.

Aunque la dosificación de las cargas para los deportistas resultó bastante proporcional, entre las diferentes categorías de peso y especialidades deportivas, en los boxeadores pesados y superpesados, y en los luchadores pesados de más de 110 kg, se encontraron las concentraciones más bajas de lactato, en IPFG, lo que podría estar provocado por factores diferentes en ambos deportes:

En el caso de la lucha, estos resultados podrían estar condicionados a una intensidad baja de la carga relativa al peso promedio de la categoría. Se conoce que, en un ejercicio de baja intensidad, la producción de lactato es baja y el organismo es capaz de eliminarlo rápidamente, lo que resulta en niveles bajos de lactato en sangre ¹².

En los boxeadores, mientras tanto, podría estar determinado por la presencia de un metabolismo de base más aerobio, debido a las características del combate que desarrollan, los que presentan mayores posibilidades de recuperación entre rounds, así como al tipo de entrenamiento que realizan.

Es conocido que los deportistas de combate suelen realizar una combinación de entrenamientos de resistencia de base y entrenamientos con intervalos de alta intensidad, para mejorar su capacidad cardiovascular y su resistencia muscular. Estos tipos de entrenamiento pueden tener diferentes repercusiones sobre las concentraciones del lactato en sangre, en dependencia de la duración e intensidad de los ejercicios, y de las características individuales del deportista ¹⁴.

Aunque el entrenamiento interválico de alta intensidad puede aumentar las concentraciones de lactato en sangre, debido a la alta intensidad de los intervalos de trabajo, durante los cuales la energía se produce a través de la vía anaeróbica, sin embargo, durante los períodos de descanso entre intervalos, el sistema tiene la oportunidad de eliminar el lactato producido, lo que ayuda a prevenir la acumulación excesiva de lactato en sangre ¹⁵.

De forma general, la heterogeneidad observada en la cinética del lactato durante la recuperación, en el momento inicial de la preparación general, no es más que el resultado de las diferencias individuales en relación al nivel de preparación previa de los deportistas, y es un elemento más que avala la capacidad discriminadora de la metodología para poner en evidencia esas diferencias.

Los valores más bajos de lactato obtenidos al FPG, así como la tendencia apreciada en la mayoría de los sujetos en todas las categorías y especialidades a disminuir los valores al quinto minuto de la recuperación (con excepción de los boxeadores pesados, luchadores de más de 110 kg y más discretamente en taekwondoistas pesados) denota un trabajo en condiciones más aeróbicas, como era de esperar, al final de la etapa, lo que los autores atribuyen a las adaptaciones metabólicas producidas por el entrenamiento durante la etapa de preparación general.

Lopes-Silva y Franchini¹⁴ han señalado al respecto que después del primer combate simulado en Judo, cada atleta posee valores más discretos en cada uno de los que le siguen; por tanto, se considera por estos autores que decrece la activación glicolítica.

Los mayores valores del Índice de carga/peso en categorías Ligera y Mediana tanto al inicio como al final de la etapa, al igual que las tendencias al incremento del indicador hacia el FPG en boxeadores Ligeros y Medianos, en todos los luchadores y en los judocas Ligeros, habla a favor de un mejor desempeño de estos sujetos al final de la etapa, lo que tiene una significación funcional positiva para el sujeto, en términos de rendimiento deportivo.

En relación con el MVO₂, el aumento del valor de este indicador en la medida que aumenta el peso de la categoría, fue la expresión de un mayor peso corporal, y masa muscular presente en los deportistas de las categorías de peso más elevadas, y como es conocido, la variable peso corporal es determinante en la fórmula indirecta utilizada para el cálculo del MVO₂¹⁰.

El MVO₂/kg resultó ser un mejor indicador que el MVO₂, para reflejar el estado funcional de los distintos deportes y categorías de peso en los dos momentos estudiados, ya que por tratarse de deportes donde se compite por categoría de peso, al ser eliminada la influencia del mismo, se evidenció claramente el rendimiento promedio de cada categoría, siendo precisamente los sujetos ligeros, seguido de los medianos, los que arrojaron los más altos valores, como expresión de una mejor potencia aerobia en los dos momentos estudiados.

La mayoría de las especialidades y categorías de peso, presentaron tendencia a mantener los valores muy similares o a mejorar discretamente los valores de MVO₂/kg al final de la preparación general, con excepción de los judocas, quienes presentaron una propensión a valores más bajos al final de la etapa como muestra de un peor rendimiento funcional al final de la etapa.

A pesar de las tendencias observadas, del aumento de los valores de VO₂/kg al FPG, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) para este indicador, excepto en boxeadores y luchadores Ligeros y Medianos, y en judocas Medianos. No

obstante, como ya se expresó, al ser todos deportistas de alto rendimiento, es lógico esperar que los cambios sean pequeños o que tal vez, no se observen en muchos de los deportistas. Por otro lado, no se debe obviar el hecho de que el consumo máximo de oxígeno es un indicador funcional que tiene un techo fisiológico, más allá del cual no pueden continuar incrementándose los valores, ni con el entrenamiento más riguroso, pues este indicador funcional depende casi en un 70% de la genética, y solo en un 30% del entrenamiento; al ser todos los sujetos incluidos en este estudio, deportistas que han alcanzado ya un adecuado desarrollo de sus capacidades motrices y funcionales, los cambios pueden resultar más difíciles de apreciar ¹².

Resulta difícil comparar los resultados obtenidos en este estudio, con los de otros autores; en primer lugar, porque no se han encontrado en la literatura internacional estudios similares a éste, que permitan establecer la comparación. Las normas existentes en el Laboratorio de pruebas de esfuerzo del Instituto de Medicina del Deporte, fijan valores entre 50 - 60 ml/kg/min, para deportistas de combate masculinos de 70 kg de peso, también ligeramente más elevados que los encontrados en este estudio, pero el consumo de oxígeno en el caso señalado fue determinado utilizando una estera rodante y una metodología directa, sin establecer diferencias entre las categorías de peso como en la presente investigación. También se han reportado valores entre 50 y 55 ml/kg/min para atletas de Taekwondo, pero igualmente determinados con metodologías y ergómetros diferentes a los utilizados en este trabajo, y sin realizar distinciones entre las categorías de peso ⁴.

Las cifras promedio ligeramente más bajas, de MVO₂M/kg observados en algunas categorías de peso en este estudio dependen fundamentalmente del ergómetro utilizado, que como ya se refirió, a la par de provocar frecuencias cardíacas más bajas, suele utilizar una masa muscular activa más pequeña, por lo que la potencia aeróbica máxima, a partir de la cual se realiza el cálculo del MVO₂/kg, no suele ser tan alta cuando se evalúa con el veloergómetro. En estos casos, el llegar a los niveles de agotamiento dependerá, por lo tanto, en gran medida, del estado físico del sujeto ¹².

Los resultados arrojados para el índice de eficiencia aerobia, demostraron que los sujetos de categorías Ligeros seguidos de los Medianos, fueron los que mejor eficiencia cardiovascular demostraron, a diferencia de los sujetos de categorías más pesada que fueron los que presentaron los peores valores del indicador. Este resultado está en concordancia con los resultados antes expuestos que marcan las diferencias del rendimiento funcional aerobio entre las categorías de peso.

Aunque se conoce que la mejor validación que puede hacerse de una metodología indirecta, se logra comparando los resultados con los obtenidos durante la aplicación a los mismos sujetos de una prueba de esfuerzo utilizando la metodología directa, con análisis de los gases ventilados, en los momentos en los que se realizó esta investigación no existía la disponibilidad de esta metodología en el Laboratorio de esfuerzo.

No obstante, los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología indirecta, así como la capacidad discriminativa que la misma ha demostrado tener, es una forma más de demostrar la validez y confiabilidad de ésta para realizar el diagnóstico del rendimiento funcional aerobio anaerobio, cuando no exista la disponibilidad de un analizador de gases.

Debe tenerse en cuenta que cada metodología, para la realización de las pruebas, debe contar con su propio sistema de evaluación; por ello no es posible concluir un estudio en el que se ha propuesto una nueva metodología para determinar el rendimiento funcional de los deportistas de combate de alto rendimiento, de forma indirecta, sin proponer paralelamente un instrumento evaluativo que permita informar a los médicos de equipos deportivos, entrenadores y hasta a los propios deportistas, como han sido asimiladas las cargas físicas, y si se han cumplimentado los objetivos metodológicos propuestos para la etapa de entrenamiento.

En la Figura 5 se reflejan los valores percentilares de referencia para evaluar el MVO_2/kg y el IEA según categorías de peso, así como los resultados de la evaluación realizada a los deportistas cubanos estudiados para ambos indicadores al FPG. No se tuvieron en cuenta

para la confección de las escalas evaluativas los restados obtenidos por los judocas guatemaltecos por las diferencias étnicas y de entrenamiento existente entre ellos.

Se observa una adecuada correspondencia general con los resultados que se han mostrado; es decir, fueron los grupos de la categoría Ligera los que arrojaron el mayor porcentaje de deportistas evaluados de B y MB, seguidos de los deportistas de categoría Mediana, mientras que los Pesados mostraron los porcentajes más bajos en estas categorías evaluativas, y los superpesados presentaron un 62,5 % de sujetos evaluados de regular y mal en los dos indicadores.

Julio y Franchini³ también han señalado la importancia que posee la monitorización continua de las capacidades funcionales auxiliándose de valores de referencia; sin embargo, en su caso están diseñados para evaluar el rendimiento de estos atletas en pruebas técnicas específicas de proyección.

No se pretende que los valores de referencias presentados en este artículo constituyan normas definitivas para evaluar en el futuro a todos los deportistas de combate de alto rendimiento, por cuanto las normas en realidad resultan relevantes cuando se aplican solo al universo para el cual fueron elaboradas.

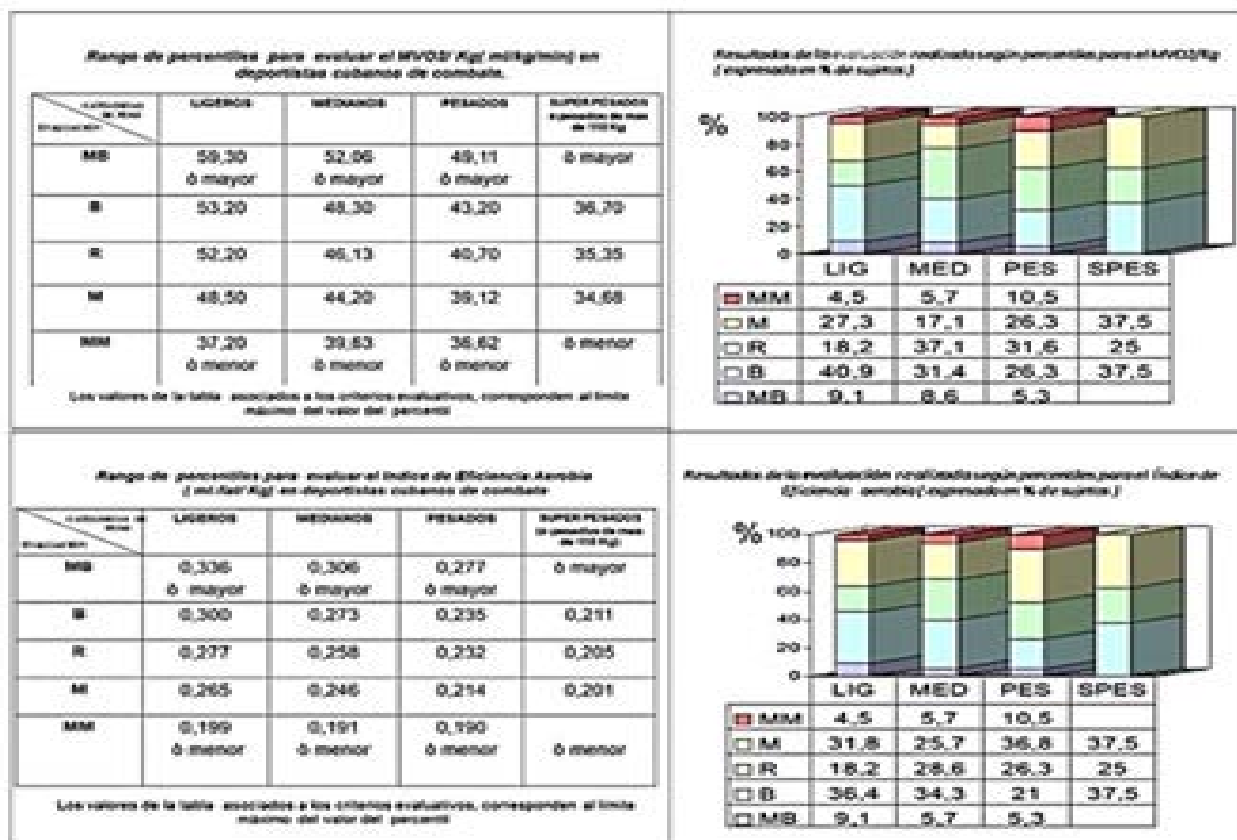


Fig. 5.- Valores de referencia y resultados de la evaluación realizada a los sujetos estudiados para el MVO₂/Kg e Índice de Eficiencia Aerobia al FPF.

No es menos cierto que las mismas, por tener una buena representatividad, pueden constituir un patrón de referencia o de comparación, cuando se necesite contrastar el rendimiento funcional de deportistas de combate de preselecciones nacionales y equipos juveniles, sobre todo cuando se ha utilizado la metodología indirecta para su determinación.

Conclusiones

Se logró caracterizar la respuesta funcional en el esfuerzo máximo, durante una prueba de esfuerzo en condiciones de laboratorio, de los deportistas de combate de alto rendimiento, evidenciándose con el uso de la metodología propuesta, que el consumo de oxígeno relativo al peso y el Índice de eficiencia aerobia resultaron ser indicadores relevantes para evaluar la

potencia aerobia y la eficiencia cardiovascular de los deportistas que compiten por categorías de peso.

Se brindaron valores de referencia en base a los percentiles para el $\dot{V}O_2/\text{kg}$ y para el IEA en cada categoría de peso, para evaluar el rendimiento aerobio y la eficiencia cardiovascular de los deportistas cubanos de combate, siempre que se aplique igual metodología.

Referencias bibliográficas

1. Spanias C, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Anthropometric and physiological profile of mixed martial art athletes: a brief review. *Sports*. 2019;7(6):146. doi:10.3390/sports7060146
2. Franchini E. High-intensity interval training prescription for combat-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15(5):767–76. doi:10.1123/ijsp.2020.0289
3. Julio U, Franchini E. Developing aerobic power and capacity for combat sports athletes. *Rev Artes Marciales Asiáticas*. 2021;16(1):12–22. doi:10.180022/rama.v16i1s.7000
4. Khazaei L, Parnow A, Amani Shalamzari S. Comparing the effects of traditional resistance training and functional training on the bio-motor capacities of female elite taekwondo athletes. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2023;15:139. doi:10.1186/s13102-023-00754-9
5. Janowski M, Zieliński J, Kusy K. Exercise response to real combat in elite taekwondo athletes before and after competition rule changes. *J Strength Cond Res*. 2021;35(8):2222–9. doi:10.1519/JSC.0000000000003110
6. Panasci M, Ferrando V, Pileri A, Pierantozzi E, La Torre A, Franchini E, et al. Short intermittent taekwondo test to assess athlete's physiological and metabolic profile. *J Sports Med Phys Fitness*. 2024;64(3):255–64. doi:10.23736/S0022-707.23.14972-3
7. Plush MG, Guppy SN, Nosaka K, Barley OR. Developing a comprehensive testing battery for mixed martial arts. *Int J Exerc Sci*. 2021;14(4):941–61.

8. Ruddock A, James L, French D, Rogerson D, Driller M, Hembrough D. High-intensity conditioning for combat athletes: practical recommendations. Appl Sci. 2021;11:10658. doi:10.3390/app112210658
9. James LP, Haff GG, Kelly V, Beckman E. Towards a determination of the physiological characteristics distinguishing successful mixed martial arts athletes: a systematic review of combat sport literature. Sports Med. 2016;46:1525–51. doi:10.1519/JSC.0000000000003110
10. Wasserman K. Prediction of oxygen uptake and CO₂ output for any given workload in watts. In: Jaeger E, editor. Ergoespirometry Seminar. Predicted values for exercise testing. Germany: Jaeger; 1981. p. 4–6.
11. Zatsiorsky VM. Metrología deportiva. Moscú: Planeta; 1989.
12. Kenney L, Wilmore JH, Costill DC. Physiology of sport and exercise. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
13. Vasconcelos BB, Protzen GV, Galliano LM, Kirk C, Del Vecchio FB. Effects of high-intensity interval training in combat sports: a systematic review with meta-analysis. J Strength Cond Res. 2020;34(3):888–900. doi:10.1519/JSC.0000000000003255
14. Lopes-Silva JP, Franchini E. Developing anaerobic power and capacity for combat sports athletes. Rev Artes Marciales Asiáticas. 2021;16(1):60–85. doi:10.180022/rama.v16i1s.7001
15. Christiansen D, Eibye K, Hostrup M, Bangsbo J. The effect of blood-flow-restricted interval training on lactate and H⁺ dynamics during dynamic exercise in man. Acta Physiol. 2021;231(3):e13580. doi:10.1111/apha.13580

Declaración de Autoría

María Elena González Revuelta: Aporto la idea al diseño del estudio y al análisis e interpretación de los resultados; participó en la búsqueda bibliográfica. Realizó la redacción final del artículo. Aprobó la versión final del manuscrito para su publicación.

María Evelina Almenares Pujadas y Sofía León Pérez: Aportaron ideas para el diseño del estudio y el análisis de los resultados.

Wiliam Carvajal Veitía: Participó en la revisión final del artículo. participó en la búsqueda bibliográfica. Aprobó la versión final del manuscrito para su publicación.

Los restantes autores ; Aprobaron la versión final del manuscrito para su publicación.

Conflicto de Interés Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.