Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida
Universidad Nacional, Costa Rica
e-ISSN: 1659-097X
Vol. 22(1), enero-junio, 2025: e18050
revistamhsalud@una.ac.cr

MHSalud
Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud

Doi https://doi.org/10.15359/mhs.22-1.18050

Análisis de los equivalentes metabólicos y gasto energético en una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad en sujetos físicamente activos

Analysis of Metabolic Equivalents and Energy Expenditure in a High-Intensity Functional Training Session in Physically Active Subjects

Análise de Equivalentes Metabólicos e Gasto Energético em uma Sessão de Treinamento Funcional de Alta Intensidade em Indivíduos Fisicamente Ativos

Brian Johan Bustos-Viviescas[1], **Rafael Enrique Lozano-Zapata**[2], **& Carlos Alberto Romero Cuestas**[3]

Recibido: 11-2-2023 - Aceptado: 18-4-2024

1 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Cúcuta, Colombia. brian.bustos.v@uniminuto.edu, https://orcid.org/0000-0002-4720-9018

2 Universidad de Pamplona. Cúcuta, Colombia. rafaenloza@unipamplona.edu.co, https://orcid.org/0000-0002-6239-5883

3 Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Colombia. calbertoromero@ucundinamarca.edu.co, https://orcid.org/0000-0002-6287-8711

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

RESUMEN

Introducción: Investigaciones sobre Equivalentes Metabólicos (EM) y Gasto Energético (GE) en sesiones de Entrenamiento Funcional de Alta Intensidad (EFAI) han demostrado efectos positivos en diferentes poblaciones. ***Objetivo***: Analizar EM y GE en una EFAI en sujetos Físicamente Activos (FA). ***Metodología***: descriptiva, enfoque cuantitativo, muestra a conveniencia 14 hombres (edad 23,21±2,26 años; masa corporal 70,52±10,61 kg; talla 1,75±0,06 m) 7 mujeres (edad 23,60±1,67 años; masa corporal 57,76±10,38 kg; talla 1,58±0,06 m) FA. Se realizó el WOD Karen (150 lanzamientos de balón medicinal en el menor tiempo posible) con registró de frecuencia cardiaca. Los EM determinados con datos de frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) con pulsómetros H7 y consumo máximo de oxígeno obtenidos en prueba de campo, el GE fue estimado con ecuación predictiva. Análisis estadístico con paquete estadístico PSPP (95 % de confianza y un p-valor de 0,05). ***Resultados***: Los EM fueron similares (hombres 12,96±1,18 METS vs mujeres 12,17±0,93 METS) y el GE fue más elevado hombres (73,92±7,54 kJ.min^{-1} vs 51,89±3,15 kJ.min^{-1}). ***Conclusión***: Una sesión de EFAI presenta valores submaximales a maximales en sujetos FA, por lo que, estos esfuerzos de alta intensidad en sesiones de corta duración, requieren gran demanda energética.

Palabras clave: Consumo de oxígeno, ejercicio, equivalente metabólico

ABSTRACT

Introduction: Research on Metabolic Equivalents (ME) and Energy Expenditure (EE) in High-Intensity Functional Training (HIFT) sessions has shown positive effects in different populations. ***Objective***: To analyze ME and GE in a HIFT in Physically Active (PA) subjects. ***Methodology***: descriptive, quantitative approach, convenience sample 14 men (age 23,21±2,26 years; body mass 70,52±10,61 kg; height 1,75±0,06 m) 7 women (age 23,60±1,67 years; body mass 57,76±10,38 kg; height 1,58±0,06 m) PA. The WOD Karen was performed (150 medicine ball throws in the shortest time possible) with heart rate recording. ME was determined with maximum heart rate (HRmax) data with H7 heart rate monitors and maximum oxygen consumption obtained in a field test; the GE was estimated with a predictive equation. Statistical analysis with the PSPP statistical package (95 % confidence and a p-value of 0,05). ***Results***: ME was similar (men 12,96 ± 1,18 METS vs. women 12,17 ± 0,93 METS), and GE was higher in men (73,92±7,54 kJ.min^{-1} vs. 51,89±3,15 kJ.min^{-1}). ***Conclusion***: An HIFT session presents submaximal to maximal values in FA subjects; therefore, these high-intensity efforts in short-duration sessions require great.

Keywords: Exercise, metabolic equivalent, oxygen consumption

RESUMO

Introdução: Pesquisas sobre Equivalentes Metabólicos (EM) e Gasto Energético (GE) em sessões de Treinamento Funcional de Alta Intensidade (TFAI) têm demonstrado efeitos positivos em diferentes populações. ***Objetivo***: Analisar EM e GE em indivíduos Fisicamente Ativos (FA) durante uma sessão de TFAI. ***Metodologia***: Estudo descritivo, abordagem quantitativa, com amostra por conveniência de 14 homens (idade 23,21±2,26 anos; massa corporal 70,52±10,61 kg; altura 1,75±0,06 m) e 7 mulheres (idade 23,60±1,67 anos; massa corporal 57,76±10,38 kg; altura 1,58±0,06 m), todos FA. Realizou-se o WOD Karen (150 arremessos de medicine ball no menor tempo possível) com registro da frequência cardíaca. O EM foi determinado com dados da frequência cardíaca máxima (FCmáx) por meio de monitores H7 e consumo máximo de oxigênio obtido em um teste de campo; o GE foi estimado por uma equação preditiva. A análise estatística foi realizada no pacote estatístico PSPP (95 % de confiança e valor de p de 0,05). ***Resultados***: O EM foi semelhante entre os sexos (homens 12,96 ± 1,18 METS vs. mulheres 12,17 ± 0,93 METS), e o GE foi maior nos homens (73,92±7,54 kJ.min-1 vs. 51,89±3,15 kJ.min-1). ***Conclusão***: Uma sessão de TAFI apresenta valores de submáximo a máximo em indivíduos FA; portanto, esses esforços de alta intensidade em sessões de curta duração exigem grande esforço.

Palavras-chave: Consumo de Oxigênio, equivalente metabólico, exercício

INTRODUCCIÓN

Recientemente en la mayoría de las intervenciones de entrenamiento de alta intensidad se habían enfocado en correr o andar en bicicleta como estímulos de ejercicio, no obstante, se ha empezado a evaluar el entrenamiento funcional de alta intensidad (HIFT) (Greenlee *et al*., 2017), el cual se caracteriza por realizar altos volúmenes e intensidades en sus entrenamientos (Teixeira *et al*., 2020) y por ejecutarse bajo un ejercicio multimodal de forma continua o a intervalos y, a veces, se completa en un circuito (Klika & Jordan 2013; Miller *et al*., 2014), por lo que están diseñados para abordar múltiples dominios del fitness (Haddock *et al*., 2016).

Esto con el fin de mejorar la funcionalidad metabólica, el volumen máximo de oxígeno y poder optimizar el entrenamiento por medio de una mayor capacidad cardiovascular (Gómez P. y Sánchez G., 2019).

De esta manera el controlar el gasto energético durante la actividad física, es fundamental para lograr optimizar el rendimiento de los sujetos que están activos físicamente, siendo los equivalentes metabólicos un parámetro importante y totalmente proporcional a la intensidad del esfuerzo físico, es decir a mayores intensidades mayor gasto energético (Viana M. B. y Gomez P. J. 2012).

Por otro lado, el CrossFit® actualmente es considerado el modo de entrenamiento funcional de alta intensidad de mayor crecimiento (Claudino *et al*., 2018), por esto mismo se han desarrollado estudios para evaluar a mayor profundidad este tipo de entrenamiento desde una perspectiva fisiológica (Bellar *et al*., 2015), entre estas se destacan aquellas que han relacionado parámetros fisiológicos con el rendimiento en sus entrenamientos del día (WOD) (Bellar *et al*., 2015; Butcher *et al*., 2015; Bustos-Viviescas *et al*., 2019; Dexheimer *et al*., 2019; Tibana *et al*., 2017).

Del mismo modo, un estudio reciente identificó que aquellos ejercicios realizados con balón medicinal que tuviesen mayor cantidad de masa muscular implicada generaban un estímulo cardiometabólico (Faigenbaum *et al*., 2018), no obstante, son escasas las investigaciones que analicen los equivalentes metabólicos y gasto energético en sujetos físicamente activos durante una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad.

Por consiguiente, el propósito de este estudio fue analizar los equivalentes metabólicos y gasto energético en una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad en sujetos físicamente activos.

METODOLOGÍA

Este estudio es un resultado secundario del proyecto "Análisis de la condición física a través de la musculación y el fitness en universitarios físicamente activos".

Tipo de estudio

Descriptivo de enfoque cuantitativo con una muestra a conveniencia.

Participantes

Participaron 14 hombres (edad 23,21±2,26 años; masa corporal 70,52±10,61 kg; talla 1,75±0,06 m) y siete mujeres (edad 23,60±1,67 años; masa corporal 57,76±10,38 kg; talla 1,58±0,06 m).

Para los criterios de exclusión se consideraron: a) presencia de cualquier enfermedad cardiovascular o metabólica que pueda afectar el rendimiento de la prueba, b) presencia de cualquier enfermedad o lesión que pueda incidir en la fuerza muscular o malestar o dolor en la valoración, o c) una experiencia no mayor a tres meses, con respecto al HIFT/CrossFit®.

Cabe resaltar que, estos participantes eran estudiantes activos de la Universidad de Pamplona (Extensión Villa del Rosario), en este caso, del programa de pregrado en educación física, recreación y deportes.

Entrenamiento del día

El WOD Karen resulta en un entrenamiento bastante intenso en el nivel cardiometabólico (Bustos-Viviescas *et al.*, 2019), este entrenamiento del día consiste en ejecutar 150 lanzamientos de balón medicinal a pared en la menor cantidad de tiempo posible, para esta sesión de entrenamiento los hombres utilizaron un balón de 20 libras y realizaban los lanzamientos a una altura de 3 metros (10 pies), mientras que las mujeres empleaban un balón de 14 libras y lanzaban a una altura de 2,75 metros (9 pies).

La frecuencia cardiaca fue evaluada de forma fragmentada o parcial en cinco momentos de la sesión (30 rep, 60 rep, 90 rep, 120 rep, 150 rep) por medio de pulsómetros Polar H7, por lo que se promediaron los cinco registros de cada participante para establecer la frecuencia cardiaca media de toda la sesión.

Cabe resaltar que el Polar H7, es un mecanismo de alta precisión y confiabilidad, con el cual se controla el ritmo cardiaco durante la actividad física, al realizar contacto directo con unos sensores ubicados sobre la piel, específicamente en el pecho, esta información es compartida con dispositivos con *bluetooth*, a su vez, es resistente al agua, para luego realizar el respectivo análisis e interpretación de los datos registrados por

cada sujeto (Frecuencia de muestreo: 1 s; Precisión del monitor de frecuencia cardíaca: ± 1 % o 1 p. p. m.; Rango de medición de frecuencia cardíaca: 15-240 p. p. m.).

Equivalentes metabólicos

En primer lugar, se utilizaron los datos de cuantificación de la intensidad de la sesión (frecuencia cardiaca promedio, %FC máx.) para calcular los equivalentes metabólicos (METS), de esta forma conocer el gasto calórico durante el esfuerzo.

Para determinar la intensidad de la sesión con respecto a la frecuencia cardiaca máxima (%FC máx.) se utilizó la frecuencia cardiaca máxima obtenida previamente en el test de VO_2 máx. (Léger y Lambert, 1982), por otro lado, se empleó la siguiente ecuación para convertir los datos de frecuencia cardiaca relativa a consumo de oxígeno relativo (%VO_2 máx.) (Swain, 1994):

$$\%FCmáx = 0{,}64 \times \%VO_2máx + 37$$

Posteriormente, los datos de %VO2máx fueron convertidos a valores relativos y se dividieron por 3,5 ml.kg.min para obtener los METS.

Gasto energético de la sesión

Para la predicción del gasto energético durante la sesión se empleó la ecuación desarrollada por Keytel *et al*., (2005) la cual es un coeficiente de correlación entre el gasto energético medido y el estimado (r = 0,913):

Gasto energético (kJ.min^{-1}) = -59,3954 + genero x (-36,3781 + 0,271 x edad + 0,394 x masa corporal (kg) + 0,404 x VO_2máx + 0,634 x frecuencia cardiaca) + (1 – sexo) x (0,274 x edad + 0,103 x masa corporal (kg) + 0,380 x VO_2máx + 0,450 x frecuencia cardiaca)

Donde: El sexo uno para los hombres y cero para las mujeres.

Análisis de datos

La tabulación y análisis estadístico se llevó a cabo en el paquete estadístico PSPP (Licencia libre) con un 95 % de confianza y un p-valor de 0,05, en este *software* se realizó una estadística descriptiva de las pruebas y datos de la sesión de entrenamiento.

Normas éticas

El presente estudio está planteado con fundamento en los parámetros que han sido determinados para el desarrollo de investigaciones con seres humanos de acuerdo con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2013). Así mismo, se contempla los estándares éticos establecidos para investigaciones orientadas a las

Ciencias del Deporte y del Ejercicio planteado por Harriss *et al*., (2017). Por otra parte, también se consideró la Resolución n.° 008430 de 1993, emitida por Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, Artículo 11, mediante la cual es posible clasificar el presente estudio en un riesgo mayor que el mínimo. Sumado a lo anterior, este estudio cuenta con aval del comité de ética e impacto ambiental de la universidad de Pamplona, por medio del Acta n.° 002 del 4 de marzo de 2019.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se observan los datos obtenidos en la prueba de campo incremental, teniendo en cuenta las variables controladas como es la frecuencia cardiaca y la estimación del Volumen Máximo de Oxígeno, identificado una FCmáx. de 195,00±7,23 p. p. m. y un VO_2máx. de 52,08±3,58 ml/ kg/min. en hombres, mientras que las mujeres presentaron una FC máx. de 191,60±4,93 p. p. m. y un VO_2máx. de 48,48±3,82 ml. kg. min.

Tabla 1
Frecuencia cardiaca máxima y consumo máximo de oxigeno relativa en sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad

Participantes (n = 19)		FCmáx (ppm)	VO_2máx (ml.kg.min)
Hombres (n = 14)	Promedio	195,00	52,08
	Desv. Est.	7,23	3,58
Mujeres (n = 5)	Promedio	191,60	48,48
	Desv. Est.	4,93	3,82

La Tabla 2 posibilita evidenciar la frecuencia cardiaca promedio de los cinco registros, durante la sesión de alta intensidad controlada y su valor relativo con respecto a la frecuencia cardiaca máxima, encontrada, de forma estimada, con la ecuación predictiva, evidenciando que la intensidad relativa de la sesión fue de 92,69±2,93 % FC máx., en hombres y 93,31±3,40 % FC máx., en mujeres.

Tabla 2
Frecuencia cardiaca media e intensidad relativa en sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad

Participantes (n = 19)		FC WOD (p. p. m)	%FC máx
Hombres (n = 14)	Promedio	180,71	92,69
	Desv. Est.	8,09	2,93
Mujeres (n = 5)	Promedio	178,76	93,31
	Desv. Est.	7,40	3,40

Por otro lado, en la Tabla 3 se evidencia el consumo máximo de oxigeno relativo y absoluto durante el desarrollo de la sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad, en cuanto al VO_2 durante el WOD Karen se puede observar que en hombres fue de 45,34±4,14 ml.kg.min y en mujeres 42,60±3,27 ml kg min, esto se traduce en un VO_2 de 87,02±4,57 %VO_2 máx. y 87,98±5,31 %VO_2 máx., respectivamente.

Tabla 3

Porcentaje de VO_2máx y VO_2 relativo en sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad

Participantes (n = 19)		%VO_2 máx.	VO_2 Relativo (ml/kg/min)
Hombres (n = 14)	Promedio	87,02	45,34
	Desv. Est.	4,57	4,14
Mujeres (n = 5)	Promedio	87,98	42,60
	Desv. Est.	5,31	3,27

Seguidamente, en la Tabla 4 se presentan los equivalentes metabólicos y gasto energético obtenidos en la sesión, en hombres se presento un valor más elevado en el gasto energético y METS con respecto a las mujeres (12,96±1,18 METS vs 12,17±0,93 METS; 73,92±7,54 kJ.min^{-1} vs 51,89±3,15 kJ.min^{-1}.

Tabla 4

METS y gasto energético en sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad

Participantes (n = 19)		METS	Gasto energético (kJ,min^{-1})
Hombres (n = 14)	Promedio	12,96	73,92
	Desv. Est.	1,18	7,54
Mujeres (n = 5)	Promedio	12,17	51,89
	Desv. Est.	0,93	3,15

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue analizar los equivalentes metabólicos y gasto energético en una sesión, la cual tuvo una duración de 15 o 20 minutos de entrenamiento funcional de alta intensidad en sujetos físicamente activos.

En ese sentido, una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad pone en evidencia valores submaximales a maximales en sujetos físicamente activos, tal como se observó en los datos obtenidos en la prueba de campo incremental de la frecuencia cardiaca máxima y consumo máximo de oxígeno, así como la frecuencia cardiaca promedio de los registros con su valor relativo respecto de la frecuencia cardiaca máxima. Esto confirmado en las Tablas 1, 2 y 3 de los resultados. El resultado evidenciado se

fortalece con el aporte positivo evidenciado en estudios como el realizado por Browne *et al*., (2020), quienes demostraron que el entrenamiento HIFT proporciona resultados eficientes en el tiempo para deportistas y no deportistas, del mismo modo, genera importante beneficios para la salud con este tipo de entrenamiento.

Así mismo sumado a lo anterior el entrenamiento funcional de alta intensidad en adultos jóvenes, propuesto por Willis *et al*., (2019) evidencia que, con el cumplimiento de las recomendaciones del ejercicio se demostró mejoras en la condición física de los participantes del estudio. Para ello, en este caso, se les realizó la evaluación del gasto energético a 20 adultos con igual número de hombres y mujeres, el formato de la sesión realizada fue HIFT la cual incluyó fase de calentamiento (~5 min), fase central (~35 min) y vuelta a la calma (~5 min). En estas sesiones, a los participantes les fue evaluado el consumo de oxígeno mediante (COSMED, L/min y ml/kg/min), la frecuencia cardíaca con (Polar RS400) y la actividad física mediante (ActiGraph GT3X+), datos que se recopilaron en intervalos de 15 segundos. Con esos datos se calcularon las kcal promedio por minuto, los METS, las kcal totales por sesión y el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima (FC máx.).

Sumado a lo anterior estudios como el planteado por Santos *et al*., (2021), coinciden con los resultados de un entrenamiento funcional de alta intensidad dado que, en su estudio, el programa permitió demostrar el aumento de las tasas metabólicas en los participantes de la investigación a partir del cumplimiento del objetivo que estuvo orientado a medir el gasto energético en reposo (REE) de los participantes de CrossFit® mediante calorimetría indirecta (IC) y verificación de la ecuación predictiva más adecuada para estimar REE. Mediante la participación de practicantes de CrossFit® (18-59 años) que se sometieron a las mediciones de peso, altura, circunferencia de la cintura e índice de la masa corporal (IMC). Como resultado el estudio permitió identificar la diferencia entre hombres y mujeres; promedio de REE medido, 1583,2±404,4 kcal/d; y REE predecido, 1455,5±230,9 a 1711,3±285,5 kcal/d para reconocer el REE la mayor precisión se logró mediante la ecuación de Harris-Benedict para mujeres y la ecuación de la OMS para hombres, esto debido a que entre los hombres fue posible evidenciar como mejores ecuaciones predictivas las de la OMS, por encima de Cunningham, Harris-Benedict y Mifflin-St. Jeor. En el caso de las mujeres se demostró que la mejor ecuación predictiva fue Harris-Benedict, por encima las propuestas por la OMS y Cunningham.

Otros estudios como el de Evangelista *et al*., (2021), plantearon el uso de la electromioestimulación de cuerpo completo (WB-EMS), el cual, a diferencia de un entrenamiento funcional de alta intensidad, no demostró la misma efectividad, si bien, este

puede ser reconocido como un método eficaz que permite un estímulo significativo en la fuerza muscular, lo cual repercute en su desempeño deportivo, al parecer, WB-EMS se había considerado un posible potenciador que incide en el gasto de energía, lo cual aún sigue sin estar claro. Ahora bien, el objetivo del estudio estuvo enfocado en la evaluación del gasto energético de WB-EMS y su asociación con un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) de todo el cuerpo, con una población participante de 14 hombres durante 2 jornadas de ejercicio aleatorias: HIIT (ejercicios fundamentados en cargas de peso corporal total sin WB-EMS) y HIIT+WB-EMS relacionado con (ejercicios de cargas de peso corporal total que se encuentran asociados con WB-EMS). En este caso, en ambos estilos de ejercicio, los participantes realizaron HIIT de cuerpo entero con un protocolo de 3 minutos de calentamiento, seguidos de ejercicios con una estimulación de 30 segundos propuestos en 2 bloques, para ser realizados por series de 3, para cada ejercicio, con una recuperación de 15 segundos entre las series y 3 minutos en el intermedio de los bloques, en los cuales incluyeron ejercicios como saltos de tijera, sentadillas y estocadas, burpees y *spider plank*. En el resultado se encontraron diferencias importantes en el VO_2 máx absoluto y en el VO_2 relativo con una concentración de lactato y gasto energético en rangos esperados.

Como complemento a lo ya mencionado el estudio realizado por Kösemen *et al*., (2024), demostró que el entrenamiento en intervalos de alta intensidad (HIIT) mejora, de manera positiva, el rendimiento físico, para el caso de este estudio se demostró su efectividad en deportistas adolescentes, con los cuales se evaluó el impacto del HIIT en su función miocárdica, en ese estudio se centró, de forma específica, la función del ventrículo izquierdo (VI), mediante ecocardiografía convencional y análisis de tensión específica de capa (LSS), en una población de 19 atletas adolescentes hombres con una edad media de 16,83 ± 1,29 años) que estaban vinculados en clubes de fútbol. Estos atletas adolescentes participaron en un programa HIIT centrado en correr durante 8 semanas. Finalizando el programa HIIT, se realizó prueba de ejercicio en trotadora con un mejoramiento significativo en la duración de la prueba, lo cual, además, demostró que con la implementación del entrenamiento interválico de alta intensidad se llevó a una mejora del LSS circunferencial en el VI, indicando así, que sí fue posible una adaptación fisiológica sumado a una mejor eficiencia del miocardio.

Se pudo concluir que los datos obtenidos permiten observar que con el uso de WB-EMS asociado a HIIT se genera una demanda metabólica ligeramente superior a la del control. Sin embargo, las diferencias absolutas no permiten indicar la superioridad de WB-EMS; por tanto, entre sus recomendaciones para ensayos en el futuro están el

hecho de determinar los efectos que puede alcanzar el programa, planteado a largo plazo. De esta manera, al comparar con la presente investigación, se observó que los valores son superiores en relación con el estudio llevado a cabo por (Evangelista *et al*., 2021), pero se da, también, como conclusión, que los esfuerzos físicos de alta intensidad demandan una gran participación energética para suplir sus necesidades durante la actividad, lo cual conlleva a aumentar no solamente la frecuencia cardiaca, sino el VO_2 máx. durante la sesión, lo cual se evidencia en la presente investigación.

De igual manera, cabe resaltar, que el CrossFit®, es un esfuerzo físico que no solamente comprende la fuerza, sino que se entrena paralelamente la resistencia, lo que en la literatura se conoce como trabajo concurrente, esto conlleva a que los gastos energéticos sean superiores para una alta demanda, manifestado por Schlegel (2020), en un artículo de revisión sistemática, ya que en la presente investigación se desarrolló una sesión de alta intensidad y corta duración, se observó, precisamente, esta gran demanda energética para poder llevar a cabo el esfuerzo físico con éxito, controlado a través de la frecuencia cardiaca, el volumen de oxígeno y la tasa metabólica posesfuerzo.

Pese a la escasa literatura relacionada al CrossFit®, un estudio descriptivo llevado a cabo con 62 deportistas, 31 hombres y 31 mujeres por Gogojewicz *et al*., (2020) donde se controló la ingesta calórica con base en las variables determinadas en la composición corporal, donde los hombres tenían un porcentaje graso de 13,7 % y las mujeres de 20,3 %, para ello se recomendó la ingesta calórica de 2300 Kcal y 1700 Kcal, respectivamente, esto controlado durante 3 días y desarrollando sus sesiones de entrenamiento de forma regular, donde concluyen que parece justificado educar a atletas y entrenadores sobre hábitos nutricionales y requerimientos individuales de energía y nutrientes, ya que, para esta modalidad deportiva, es de gran demanda energética para su desarrollo, al comparar con nuestra investigación, pese a que solo se controla una sesión de alta intensidad, observamos que los valores del consumo calórico diario están por debajo de esta investigación, donde los resultados encontrados durante la sesión son de gran demanda energética, por lo tanto, seguramente se requiere una mayor intervención con más sesiones, para conocer si el requerimiento calórico debe ser superior, pero, dando a conocer que son esfuerzos cortos e intensos que dan un gran consumo energético.

Los aportes anteriores sumados al estudio realizado por Yan & Chen (2022) en el cual se reconoció el entrenamiento de Tabata como uno de los métodos de entrenamiento intermitente de alta intensidad, energéticamente más eficaz, permite reconocerlo como una alternativa importante en la promoción de la salud. Para ello, es

necesario el monitoreo efectivo del gasto de energía durante el ejercicio, como base importante para que se ajusten las actividades físicas de los deportistas y así sea posible alcanzar los objetivos de ejercicio. Este estudio se basó en la aceleración y la frecuencia cardíaca para construir una regresión lineal y un modelo de predicción de red neuronal de propagación inversa del gasto de energía de Tabata. En el estudio se contó con 45 participantes (Edad media: 21,04±2,39 años) se asignaron aleatoriamente al conjunto de datos de modelado y validación en una proporción de 3:1. Cada participante usó, simultáneamente, 4 acelerómetros (mano dominante, mano no dominante, cadera derecha, tobillo derecho), una banda de frecuencia cardíaca y un sistema de medición metabólica para completar la prueba de ejercicio Tabata. Después de obtener los datos de la prueba, la correlación de las variables se calculó y se pasó al algoritmo de red neuronal de regresión lineal y retropropagación para predecir el gasto de energía durante el ejercicio y el período de intervalo. El grupo de validación se ingresó al modelo para obtener el valor predicho y se probó el efecto de predicción. La prueba de Bland-Alterman mostró que 2 modelos caían dentro del intervalo de consistencia. El error porcentual absoluto medio de la red neuronal de retropropagación fue del 12,6 % y la regresión lineal fue del 14,7 %. Por lo cual, es posible concluir que el presente estudio permitió evidenciar los equivalentes metabólicos y gasto energético en una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad en sujetos físicamente activos, si bien, es limitado el acceso a estudios de este tipo, se pudo evidenciar que los equivalentes metabólicos y gasto energético en una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad, en sujetos físicamente activos, en una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad, presenta valores submaximales a maximales como resultado del planteamiento metodológico del entrenamiento.

Conclusión

Teniendo en cuenta el objetivo principal de la investigación, podemos concluir que para los esfuerzos de alta intensidad en sesiones de corta de duración, se requiere una gran demanda energética para suplir estas necesidades, las cuales van relacionadas no solamente a la condición física del sujeto, su estado de salud y alimentación, para poder cumplir con la exigencia, logrando, de esta manera, describir unas condiciones específicas al momento de realizar este tipo de actividad con sujetos sanos y físicamente activos.

REFERENCIAS

Asociación Médica Mundial. (2013). *Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. DOI: https://doi.org/10.17126/joralres.2013.009

Bellar, D., Hatchett, A., Judge, L. W., Breaux, M. E. & Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biology of sport, 32* (4), 315-320. DOI: https://doi.org/10.5604%2F20831862.1174771

Browne, J. D., Carter, R., Robinson, A., Waldrup, B., Zhang, G., Carrillo, E., Dinh, M., Arnold, M. T., Hu, J., Neufeld, E. V., & Dolezal, B. A. (2020). Not All HIFT Classes Are Created Equal: Evaluating Energy Expenditure and Relative Intensity of a High-Intensity Functional Training Regimen. *International journal of exercise science, 13*(4), 1206-1216. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33042371/

Bustos-Viviescas, B. J., Rodríguez Acuña, L. E., Acevedo-Mindiola, A. A. & Lozano Zapata, R. E. (2019). Asociación Entre El Consumo Máximo De Oxígeno y El Rendimiento Del WOD Karen: Un Estudio Piloto. *Revista Con-Ciencias Del Deporte, 2* (1), 56-74. http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/rccd/article/view/837

Butcher, S. J., Neyedly, T. J., Horvey, K. J. & Benko, C. R. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit (®) benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine, 6*, 241-247. DOI: https://doi.org/10.2147%2FOAJSM.S88265

Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C. & Serrão, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine – Open, 4* (1), 11. DOI: https://doi.org/10.1186%2Fs40798-018-0124-5

Dexheimer, J. D., Schroeder, E. T., Sawyer, B. J., Pettitt, R. W., Aguinaldo, A. L. & Torrence, W. A. (2019). Physiological Performance Measures as Indicators of CrossFit® Performance. *Sports, 7* (4), 93. DOI: https://doi.org/10.3390/sports7040093

Evangelista, A. L., Pozzi, M. L. B., Santos, L. M., Barros, B. M., Souza, C. R. de., Reis, V. M., & Bocalini, D. S. (2021). Energy expenditure in hiit whole body associated with electromyostimulation. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte, 27* (6). DOI: https://doi.org/10.1590/1517-8692202127062021_0003

Faigenbaum, A. D., Kang, J., Ratamess, N. A., Farrell, A., Ellis, N., Vought, I. & Bush, J. (2018). Acute Cardiometabolic Responses to Medicine Ball Interval Training in Children. *International Journal of Exercise Science, 11* (4), 886-899. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6033503/pdf/ijes-11-4-886.pdf

Gogojewicz, A., Śliwicka, E., & Durkalec-Michalski, K. (2020). Assessment of Dietary Intake and Nutritional Status in CrossFit-Trained Individuals: A Descriptive Study. *International journal of environmental research and public health, 17* (13), 4772. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph17134772

Gómez Piqueras, P. y Sánchez González, M. (2019). Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) en adultos mayores. Una revisión sistemática. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud, 17* (1), 1-21 DOI https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i1.35494

Greenlee, T. A., Greene, D. R., Ward, N. J., Reeser, G. E., Allen, C. M., Baumgartner, N. W., Cohen, N. J., Kramer, A. F., Hillman, C. H. & Barbey, A. K. (2017). Effectiveness of a 16-Week High-Intensity Cardioresistance Training Program in Adults. *J Strength Cond Res., 31* (9), 2528-2541. DOI: https://doi.org/10.1519%2FJSC.0000000000001976

Haddock, C. K., Poston, W. S., Heinrich, K. M., Jahnke, S. A. & Jitnarin, N. (2016). The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. *Mil Med., 181* (11), e1508-e1514. DOI: https://doi.org/10.7205%2FMILMED-D-15-00503

Harriss, D., Macsween, A. & Atkinson, G. (2017). Standards for Ethics in Sport and Exercise Science Research: 2018 Update. *International Journal of Sports Medicine, 38* (14), 1126-1131. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0043-124001

Keytel, L. R., Goedecke, J. H., Noakes, T. D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van der Merwe, L. & Lambert, E. V. (2005). Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *J Sports Sci., 23* (3), 289-297. DOI: https://doi.org/10.1080/02640410470001730089

Klika, B. & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSMs Health Fit J, 17*, 8-13. DOI: https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e31828cb1e8

Kösemen, D. S., Çetin, S., Demirci, D., & Babaoğlu, K. (2024). Evaluation of the Left Ventricular Myocardium Using Layer-Specific Strain Analysis in Adolescent Athletes Performing High-Intensity Interval Training. *Pediatric cardiology, 45*(4), 770-779. https://doi.org/10.1007/s00246-024-03411-1

Leger, L. (1982). Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2 max. *Eur J Appl Physiol., 49* (1). 1-12. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00428958

Miller, M. B., Pearcey, G. E. P., Cahill, F., McCarthy, H., Stratton, S. B. D., Noftall, J. C., Buckle, S., Basset, F. A., Sun, G. & Button, D. C. (2014). The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: A pilot study. *Biomed Res Int*., 191797. DOI: https://doi.org/10.1155/2014/191797

Santos, S., Ribeiro, M. & Matos, V. (2021). Resting Energy Expenditure in CrossFit® Participants: Predictive Equations versus Indirect Calorimetry. *International Journal of Kinesiology and Sports Science, 9*, 7-13 DOI: https://doi.org/10.7575/aiac.ijkss.v.9n.2p.7

Schlegel, P. (2020). CrossFit® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. *J Sports Sci Med., 19* (4), 670-680. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7675627/

Swain, D. P., Abernathy, K. S., Smith, C. S., Lee, S. J., & Bunn, S. A. (1994). Target heart rates for the development of cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Exerc., 26*, 112–116. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8133731

Teixeira, R. V., Batista, G. R., Mortatti, A. L., Dantas, P. M. S., & Cabral, B. G. A. T. (2020). Effects of Six Weeks of High-Intensity Functional Training on Physical Performance in Participants with Different Training Volumes and Frequencies. *International journal of environmental research and public health, 17* (17), 6058. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph17176058

Tibana, R. A., Frade Sousa, N. M., Barros, G. C. & Prestes, J. (2017). Correlação das variáveis antropométricas e fisiológicas com o desempenho no Crossfit®. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFEX), 11* (70), 880-887. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6341736

Willis, E. A., Szabo-Reed, A. N., Ptomey, L. T., Honas, J. J., Steger, F. L., Washburn, R. A., & Donnelly, J. E. (2019). Energy Expenditure and Intensity of Group-Based High-Intensity Functional Training: A Brief Report. *Journal of physical activity & health, 16*(6), 470-476. https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0585

Viana-Montaner, B., & Gómez-Puerto, J. (2012). Estimación del gasto energético en actividades de corta duración y alta intensidad. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 5*(4),147-155. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327672005

Yan, Y., & Chen, Q. (2022). Energy Expenditure Estimation of Tabata by Combining Acceleration and Heart Rate. *Frontiers in public health, 9*, 804471. DOI: https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.804471

CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno.

FINANCIAMIENTO

La investigación se autofinanció por parte de los autores.

DECLARACIÓN CONTRIBUCION DE PERSONAS AUTORAS

Conceptualización: Brian Johan Bustos-Viviescas, Rafael Enrique Lozano-Zapata

Curación de datos: Rafael Enrique Lozano-Zapata, Brian Johan Bustos-Viviescas, Carlos Alberto Romero Cuestas

Análisis formal: Brian Johan Bustos-Viviescas, Carlos Alberto Romero Cuestas

Supervisión: Brian Johan Bustos-Viviescas, Rafael Enrique Lozano-Zapata

Recursos: Brian Johan Bustos-Viviescas, Rafael Enrique Lozano-Zapata

Investigación: Brian Johan Bustos-Viviescas, Rafael Enrique Lozano-Zapata

Metodología: Brian Johan Bustos-Viviescas, Rafael Enrique Lozano-Zapata

Administración del proyecto: Brian Johan Bustos-Viviescas, Rafael Enrique Lozano-Zapata

Redacción-borrador original: Rafael Enrique Lozano-Zapata, Brian Johan Bustos-Viviescas, Carlos Alberto Romero Cuestas

Redacción-revisión y edición: Rafael Enrique Lozano-Zapata, Brian Johan Bustos-Viviescas, Carlos Alberto Romero Cuestas