



PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del
Ejercicio y la Salud
ISSN: 1409-0724
ISSN: 1659-4436
pensarenmovimiento.eefd@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) EN ADULTOS MAYORES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Gómez-Piqueras, Pedro; Sánchez-González, Marta

ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) EN ADULTOS MAYORES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud, vol. 17, núm. 1, 2019

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=442059329009>

DOI: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i1.35494>

ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) EN ADULTOS MAYORES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) IN SENIORS: A SYSTEMATIC REVIEW

TREINAMENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDADE (HIIT) EM IDOSOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Pedro Gómez-Piqueras^{B,C,D,E}
Universidad de Castilla La Mancha, España
pedrogomez7@hotmail.com

 <http://orcid.org/https://orcid.org/0000-0001-9919-9790>

DOI: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i1.35494>
Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=442059329009>

Marta Sánchez-González^{D,E}
Universidad de Castilla La Mancha, España

Recepción: 05 Diciembre 2018
Corregido: 20 Marzo 2019
Aprobación: 08 Abril 2019
Publicación: 23 Mayo 2019

RESUMEN:

Gómez-Piqueras, P. y Sánchez-González, M. (2019). Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) en adultos mayores: Una revisión sistemática. *PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 17(1), 1-21. Durante los últimos años el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) ha aparecido como una alternativa saludable a nivel cardíaco, muscular y adiposo en diferentes colectivos. Pese a ser un tema frecuentemente tratado en la actualidad, no existe un consenso claro sobre su utilidad y aplicación en el colectivo de los adultos mayores. El objetivo de este trabajo consistió en examinar la literatura científica acerca del entrenamiento interválico de alta intensidad como alternativa de actividad física en personas adultas mayores (>60 años) y determinar su utilidad desde un punto de vista saludable. Los estudios que fueron incluidos en esta revisión si: (1) estudiaron el colectivo de los adultos mayores (>60años), (2) incluyeron en su intervención al entrenamiento HIIT y (3) se centraron en la relación de este entrenamiento con la salud. Un total de 16 estudios fueron incluidos al cumplir con todos los criterios. Se puede concluir que el HIIT es un entrenamiento válido y seguro para el colectivo de los adultos mayores (>60 años). Sus beneficios están relacionados con mejoras a nivel cardiovascular, pulmonar, hemodinámico, lipídico, muscular y cognitivo.

PALABRAS CLAVE: HIIT, salud, adulto mayor, mortalidad.

ABSTRACT:

Gómez-Piqueras, P. & Sánchez-González, M. (2019). High-intensity interval training (HIIT) in seniors: A systematic review. *PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 17(1), 1-21. High-Intensity Interval Training (HIIT) has become a healthy alternative in recent years at cardiac, muscle and adipose levels for different groups. Although it is an issue frequently discussed now days, there is not a clear consensus on its usefulness and application in senior groups. The objective of this paper was to examine scientific literature on HIIT as an alternative of physical activity in older adults (>60 years of age) and determine its usefulness from a healthy point of view. This review included studies: (1) on groups of senior adults (> 60 years of age), (2) their intervention included HIIT, and (3) their focused was on the relationship of this training with health. A total of

NOTAS DE AUTOR

B,C,D,E Participación: A- Financiamiento, B- Diseño del estudio, C- Recolección de datos, D- Análisis estadístico e interpretación de resultados, E- Preparación del manuscrito.

D,E Participación: A- Financiamiento, B- Diseño del estudio, C- Recolección de datos, D- Análisis estadístico e interpretación de resultados, E- Preparación del manuscrito.

16 studies met all the criteria. It can be concluded that HIIT is a valid and safe training for seniors (>60 years). Benefits include cardiovascular, pulmonary, hemodynamic, lipid, muscle, and cognitive improvements.

KEYWORDS: HIIT, health, seniors, mortality.

RESUMO:

Gómez-Piqueras, P. e Sánchez-González, M. (2019). Treinamento de intervalos de alta intensidade (HIIT) em idosos: uma revisão sistemática. *PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 17(1), 1-21. Durante os últimos anos, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) apareceu como uma alternativa saudável nos níveis cardíaco, muscular e adiposo em diferentes grupos. Apesar de ser um tema frequentemente discutido atualmente, não há consenso claro sobre sua utilidade e aplicação no grupo de idosos. O objetivo deste trabalho foi examinar a literatura científica sobre o treinamento intervalado de alta intensidade como alternativa de atividade física em idosos (> 60 anos) e determinar sua utilidade desde o ponto de vista saudável. Os estudos seriam incluídos nesta revisão se: (1) estudassem o grupo de idosos (> 60 anos), (2) incluíssem em sua intervenção o treinamento do HIIT e (3) focassem na relação deste treinamento com a saúde. Portanto, ao cumprir com esses critérios, 16 estudos foram incluídos. Pode-se concluir que o HIIT é um treinamento válido e seguro para o grupo de idosos (> 60 anos). Seus benefícios estão relacionados a melhorias cardiovasculares, pulmonares, hemodinâmicas, lipídicas, musculares e cognitivas.

PALAVRAS-CHAVE: HIIT, saúde, idoso, mortalidade.

El entrenamiento de intervalos de alta intensidad (High Intensity Interval Training o HIIT, por sus siglas en inglés) es un tipo de entrenamiento que se caracteriza por esfuerzos de alta intensidad (85% a 250% VO₂ máximo durante 6 segundos a 4 minutos) alternados con periodos de descanso o recuperación activa a baja intensidad (20% a 40% VO₂ máximo durante 10 segundos a 5 minutos) (Batacan, Duncan, Dalbo, Tucker, y Fenning, 2017). Por concepto, el tiempo total en HIIT (suma de todos los intervalos de ejercicio) debería ser mayor que el tiempo que el deportista puede alcanzar en una sesión de ejercicio continuo a la misma intensidad hasta el agotamiento (Lopez-Chicharro y Vicente-Campos, 2018).

La intensidad a la cual se realiza una sesión de HIIT implica que el principal objetivo de este tipo de ejercicio sea la mejora del consumo máximo de oxígeno. Esto supone que este entrenamiento es mejor tolerado por deportistas de resistencia aeróbica con elevado nivel de adaptación fisiológica y alta motivación. El resto de las personas, debido a su falta de adaptación, estarían realizando un HIIT “edulcorado”. Esta variante, muy útil sobre todo en personas adultas mayores, también es válida para cubrir ciertas necesidades desde el punto de vista de la salud y posee una alta evidencia en relación a su efectividad (Lopez-Chicharro y Vicente-Campos, 2018).

Una de las principales ventajas del HIIT con respecto a otros métodos de entrenamiento de menor intensidad es que éste, aun provocando resultados similares e incluso mejores, requiere de menos tiempo para su realización (Bartlett et al., 2018). Como consecuencia, se ha teorizado por parte de varios autores que el HIIT mitigaría una de las principales barreras a la hora de realizar ejercicio: la “falta de tiempo” (Roy et al., 2018). Debido a esto, algunos autores han considerado recientemente que el HIIT podría constituir el camino más eficaz y eficiente para mejorar la salud y reducir la mortalidad en personas adultas (Karlsen, Aamot, Haykowsky, y Rognmo, 2017).

En relación con los beneficios fisiológicos del HIIT, varios meta-análisis han confrontado este método de entrenamiento con modalidades continuas aeróbicas y de moderada intensidad, encontrando que el HIIT podría provocar mejores resultados en relación a la presión sanguínea, el nivel de glucosa en sangre y la grasa visceral (Milanović, Sporiš, y Weston, 2015; Weweg, van den Berg, Ward, y Keech, 2017). En pacientes clínicos, como aquellos con enfermedad cardiovascular crónica, se ha encontrado que el HIIT mejora la capacidad aeróbica, la función endotelial y diversas funciones cardíacas (Xie, Yan, Cai, y Li, 2017).

Al día de hoy no existe una prescripción universal de ejercicio para todo el mundo ya que ésta debe de ser individualizada a las características del sujeto, su comportamiento, preferencias y metas (Halle et al.,

2017). En consecuencia, y en lo relativo a este tipo de entrenamiento, si buscamos en la literatura científica encontraremos que existen numerosos protocolos diferentes que dificultan la concreción de la dosis de HIIT recomendada.

Si se valora la eficacia de esta metodología de entrenamiento en el colectivo de los adultos mayores (>60 años), se puede observar que no existe hoy en día un consenso generalizado sobre su utilización y utilidad en este grupo de personas (Ladd, Lasky, Lieker, y Pang, 2018). Por esta razón, los profesionales de la salud no poseen pautas claras y concisas para aplicar este tipo de entrenamiento con los adultos mayores.

Componentes básicos del HIIT. Siguiendo los trabajos de Lopez-Chicharro y Vicente-Campos (2018), se podrían señalar cinco componentes principales a controlar y manejar en una sesión de HIIT:

Intensidad del intervalo: podría fijarse con la frecuencia cardíaca máxima (FCM) o de reserva (FCR). Con percepción subjetiva del esfuerzo o con velocidad aeróbica máxima (VAM). En cualquier caso, las intensidades serían submáximas (cercanas al 90%).

Duración del intervalo: situado en un rango de 90 segundos a 150 segundos. Lo ideal sería fijar el tiempo del intervalo una vez conocido el tiempo que necesita el sujeto para alcanzar su velocidad aeróbica máxima.

Intensidad de la recuperación: en caso de ser una recuperación activa, esta debería ser lo más breve e intensa que sea posible. Si el objetivo del entrenamiento es maximizar la capacidad de trabajo durante los siguientes intervalos, entonces se debería realizar una recuperación pasiva (andar se considera pasivo). Una duración de 2 minutos sería adecuada para intervalos de 3 minutos de alta intensidad. Si por el contrario se pretende mantener un mínimo de VO₂ para que los siguientes intervalos sean más eficaces, entonces habría que realizar una recuperación activa.

Duración de la recuperación: no existe una formula exacta para calcular este valor. La percepción subjetiva del deportista unido al conocimiento y experiencia del entrenador podrían servir de referentes.

Número de intervalos: no está protocolizado el número de intervalos idóneos. Estos dependen de la intensidad del ejercicio, del estado del sujeto y del momento de la temporada. La mayoría de los autores abogan por llegar a acumular unos 10 minutos a más del 95% del VO₂max, lo que se puede tomar como un punto de partida.

Habría que tener en cuenta que una sesión ideal de HIIT con deportistas cuyo fin sea la mejora del rendimiento es distinta a la propuesta en otros colectivos. Por esta razón es habitual encontrar numerosos protocolos de HIIT aplicados a otros colectivos (adultos, enfermos, etc.) que varían los valores aportados derivando esto en repercusiones diferentes en el estrés recibido por el sistema y sus consiguientes adaptaciones. En este caso se podría hablar de sesiones de “HIIT edulcorado” (Lopez-Chicharro y Vicente-Campos, 2018).

Beneficios del HIIT. Diferentes estudios han mostrado claramente la efectividad de este método. Así, por ejemplo, se comprobó que el HIIT aplicado durante 4-8 semanas mejora los valores de VO₂ máximo entre un 4% y un 15% en sujetos no entrenados y también en personas activas (Sloth, Sloth, Overgaard, y Dalgas, 2013). Del mismo modo, entrenamientos interválicos de una intensidad próxima al 85-95% de la FCM se han mostrado eficaces para mejorar el VO₂ máximo en diferentes colectivos, desde personas sanas a personas con determinadas patologías (StØren et al., 2017).

Confirmados los beneficios de este tipo de entrenamiento en relación con la mejora del consumo máximo de oxígeno, en algunos trabajos se ha tratado de comparar sus efectos con los efectos provocados por un entrenamiento tradicional aeróbico de intensidad moderada. Entre ellos se destaca un meta-análisis reciente que demostró que en personas sanas, jóvenes o de edad media, el HIIT mejora más el VO₂ máximo que el entrenamiento continuo tradicional (Milanović et al., 2015).

¿Por qué es importante el consumo máximo de oxígeno? La contribución del VO₂ máximo al rendimiento en diferentes modalidades deportivas es de sobra conocida desde hace años (Bassett y Howley, 2000). Probablemente, su aportación a la salud y calidad de vida de las personas sea una cuestión menos estudiada y conocida. Así por ejemplo, conviene señalar que el Estudio Copenhague (Clausen, Marott,

Holtermann, Gyntelberg, y Jensen, 2018), realizado longitudinalmente durante más de 40 años con aproximadamente 5000 sujetos, demostró que altos valores de consumo máximo de oxígeno estaban asociados fuertemente a una mayor longevidad de las personas. En este trabajo también se señala que, debido a que el consumo máximo de oxígeno decrece con el paso del tiempo, el riesgo de enfermedad cardiovascular y muerte prematura aumenta progresivamente si no se mejora.

Otros beneficios del HIIT. Otros muchos beneficios han sido atribuidos al HIIT: mejora de la sensibilidad a la insulina, eficiencia de la población mitocondrial, mejora la actividad de enzimas oxidativas, mejora la función pulmonar, mejora la función y morfología cardíaca, mejora la función endotelial, estabiliza la presión arterial, disminuye el perfil lipídico, etc. (Ladd et al., 2018; Lopez-Chicharro y Vicente-Campos, 2018; Taya et al., 2018; Way, Sultana, Sabag, Baker, y Johnson, 2019).

Tal vez los beneficios relativos a la mejora del perfil lipídico y a la salud metabólica hayan sido los más estudiados junto a los ya mencionados, relativos al consumo de oxígeno. Así por ejemplo, se ha demostrado que el HIIT provoca un mayor gasto de energía que otras modalidades de entrenamiento continuo (Sijie, Hainai, Fengying, Jianxiong, 2012). En concreto, aquellos protocolos de HIIT compuestos por un ejercicio de carrera se postulan como una estrategia efectiva para reducir los depósitos de grasas (Maillard, Pereira, y Boisseau, 2017).

HIIT en adultos mayores. Los cambios fisiológicos asociados a la edad en el sistema neuromuscular y cardiorrespiratorio suponen importantes implicaciones a la hora de mantener la independencia y salud en esta etapa de edad avanzada. La pérdida de fuerza tanto en miembros superiores como inferiores altera de manera significativa el rendimiento en las actividades básicas de la vida diaria (Hurst, Weston, y Weston, 2018). En este contexto el HIIT se ha propuesto como un método de entrenamiento alternativo tanto para la mejora de la salud como parte del ejercicio terapéutico en distintas enfermedades.

Por esta razón, durante los últimos años se ha incrementado el interés en la comprensión de la aplicación del HIIT tanto en personas de edad avanzada como en personas con algún tipo de patología crónica (Ross, Porter, y Durstine, 2016). La insuficiencia de estudios al respecto sugerida (Bell, Séguin, Parise, Baker, y Phillips, 2015) fue corroborada en el momento de la realización de esta revisión.

Uno de los motivos sería que, como se señaló anteriormente, no es posible en términos fisiológicos aplicar a estos pacientes un HIIT real, por lo que se vienen aplicando de manera adaptada diferentes modelos de entrenamiento interválicos de alta intensidad relativa a cada paciente (Lopez-Chicharro y Vicente-Campos, 2018).

Esto ha supuesto que no exista unanimidad en los protocolos de HIIT y la consiguiente dificultad para alcanzar un consenso sobre las pautas recomendadas para obtener beneficios en este rango de edad. Lo que sí parece percibirse a tenor de las diferentes investigaciones encontradas en este colectivo es que el HIIT, aplicado a sujetos mayores de 60 años de manera aislada o combinada con otros medios de entrenamiento, supone mejoras cardiovasculares (Bruseghini et al., 2015), incremento del VO₂ máximo (Lepretre et al., 2009), mejora del umbral anaeróbico (Ahmaidi et al., 1998) y aumento de fuerza e hipertrofia (Ladd et al., 2018).

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo consistió en examinar la aplicación del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) como medio de entrenamiento saludable en personas adultas mayores (>60 años).

Al mismo tiempo, se trató de determinar los protocolos de trabajo más seguros y efectivos para este colectivo.

METODOLOGÍA

Esta revisión fue registrada en la base de datos PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews) con el número de referencia 107450. La guía de trabajo PRISMA (Preferred Reporting Items for

Systematic Review and Meta-Analysis Protocols) (Shamseer et al., 2015) fue seguida durante todo el proceso de elaboración.

Estrategia de búsqueda. La estrategia de búsqueda fue diseñada para poder llegar a todos los materiales relevantes publicados en bases de datos electrónicas. Una búsqueda sistemática fue realizada durante los meses de mayo y junio de 2018. Las bases de datos Medline, Embase y PEDro fueron exploradas sin restricciones en cuanto al año de publicación.

En la estrategia de búsqueda se utilizaron las siguientes palabras clave en inglés combinadas con diferentes marcadores booleanos: (high intensity interval training OR high intensity interval exercise* OR high intensity interval activity) AND (elderly OR older adult OR old man OR aging) AND (health OR healthy). La inclusión de alguna de estas combinaciones en el título del artículo fue requisito para que éste fuese considerado.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión. Para minimizar el riesgo de sesgo, se establecieron criterios de inclusión y exclusión estrictos siguiendo la categorización PICOS (tipo de participantes, de pruebas, de intervenciones y de comparaciones).

Tipos de participantes. El mínimo de edad de los participantes debía ser de 60 años. Los sujetos debían haber realizado un protocolo de entrenamiento HIIT donde se alternasen periodos de esfuerzo de alta intensidad con descansos.

Tipos de pruebas. En esta revisión se incluyeron estudios de cohorte y estudios aleatorios, ya que estos son considerados como los mejores para establecer relaciones de causa efecto y la eficacia de una intervención. Hubo estudios publicados en lengua inglesa, sin limitación en cuanto al país de procedencia ni al año de publicación. Los estudios debían evaluar los efectos del entrenamiento HIIT en adultos de más de 60 años.

Tipos de intervención. Estudios que analizaran los efectos del HIIT de manera aislada y no como medio de entrenamiento complementario.

Tipos de comparación. Dos diferentes formas de comparación fueron aceptadas: grupo de control o diferente tipo de entrenamiento.

Criterios de exclusión. Estudios donde no se especificase claramente el tipo de intervención y protocolo de HIIT utilizado, estudios que utilizaran el HIIT combinado con otro medio de entrenamiento y estudios que incluyeran protocolos de HIIT de muy baja intensidad (menos del 70% de intensidad máxima).

Extracción de datos. Como recomiendan algunos autores (Harris, Quatman, Manring, Siston, y Flanigan, 2014), se creó un formulario de extracción de datos con base en los criterios PICOS. Esta tabla ayudaba a la hora de incluir o excluir los diferentes trabajos. En la tabla 1 se adjunta una lista de ensayos incluidos y excluidos con los motivos de su exclusión (ver Tabla 1).

Riesgo de sesgo. Numerosas son las maneras por las que puede producirse un sesgo en el proceso de revisión de la literatura. En esta revisión se trató de eliminar todos los tipos de sesgo (sesgo de publicación, sesgo en la ubicación de los estudios y criterios de inclusión sesgados) (Egger y Smith, 1998).

Para eliminar el sesgo de publicación, se utilizaron diferentes bases de datos electrónicas con el objetivo de buscar todas las publicaciones disponibles para artículos, independientemente del tipo. Para eliminar el sesgo en la ubicación de los estudios, se priorizaron estudios claros en entornos similares en la medida de lo posible. Finalmente, para evitar el sesgo en los criterios de inclusión, los estudios no se eligieron por su capacidad para respaldar un punto o conclusión específico, sino que fueron seleccionados si eran relevantes para abordar los puntos clave de esta revisión.

Análisis de datos. Toda la información extraída de los estudios seleccionados fue analizada cualitativamente (síntesis narrativa).

RESULTADOS

El número de estudios identificados y excluidos puede observarse en la Figura 1 (PRISMA “Diagrama de flujo” (Shamseer et al., 2015)).

TABLA 1
Trabajos incluidos (IN) y excluidos (EX).

ESTUDIO	IN/EX	RAZÓN
Hurst et al., 2018	IN	
Bartlett et al., 2018	IN	
Carl et al., 2017	IN	
Halle et al., 2017	IN	
Raymond et al., 2017	EX	Intervención
Osuka et al., 2017	IN	
Moro et al., 2017	IN	
Coetsee y Terblanche, 2017	IN	
Boereboom et al., 2016	IN	
Herbert, Grace, y Sculthorpe, 2016	EX	Baja intensidad
Madhavan, Stinear, y Kanekar, 2016	EX	Baja intensidad
Sosner, Gayda, et al., 2016	IN	
Sosner, Bosquet, et al., 2016	EX	Edad muestra
Abrahin et al., 2016	EX	Intervención
Guadalupe-Grau et al., 2016	EX	Concurrente
Sculthorpe, Herbert, y Grace, 2015	EX	Baja intensidad
Bell et al., 2015	IN	
Bruseghini et al., 2015	IN	
Benda et al., 2015	IN	
Knowles, Herbert, Easton, Sculthorpe, y Grace, 2015	EX	Baja intensidad
Chrysohoou et al., 2014	IN	
Donath et al., 2014	IN	
Bressel, Ing, Iller, y Olney, 2014	EX	Baja intensidad
Lamina y Okoye, 2012	IN	
Munk, Butt, y Larsen, 2010	EX	Diseño
Nilsson, Westheim, y Risberg, 2008	EX	Baja intensidad
Broman et al., 2006	IN	

Fuente: Elaboración propia

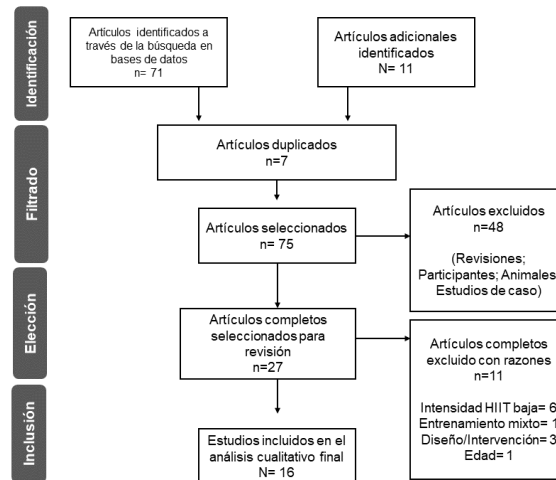


FIGURA 1.
PRISMA “Diagrama de flujo”.

Fuente: Elaboración propia

Dieciséis estudios cumplieron todos los criterios de inclusión (Tabla 2). La mayoría de los estudios incluidos ($n = 15$) fueron publicados en los últimos años (periodo 2012-2018).

Características de los participantes. La mayoría de los estudios optaron por seleccionar una muestra comprendida entre los 60 y 75 años. De todos los estudios seleccionados, tan sólo 3 de ellos presentaron una muestra superior a los 50 sujetos. Puesto que en los criterios de inclusión no se concretaron restricciones para el estado de los sujetos, se puede observar que la efectividad del HIIT fue probada tanto en sujetos sanos como en sujetos con algún tipo de patología. En este caso, 9 se centraron en sujetos sanos y 7 en sujetos con algún tipo de patología (cardíaca, tensional, cerebrovascular o articular).

TABLA 2
Resumen trabajos seleccionados.

Autor/es	Participantes	Intervención	Comparación	Diseño	Outcomes	Resultado
Hurst et al., 2018	n=36 62±4 años	12 semanas (2/ semana) HIIT fuerza 4x4' >90%	Control	Randomizado	Fuerza	↑
Bartlett et al., 2018	n=12 artritis reumatoide 64±7 años	10 semanas (3/ semana) HIIT 20' (intervalos 30-45'') Tapiz 80-90%	Pre-Post	Cohorte	Potencia aeróbica Capacidad aeróbica	↑
Carl et al., 2017	n=10 antecedentes ACV 62±3 años	1 sesión. Tres diferentes protocolos HIIT Tapiz	Otros HIIT	Cohorte	Respuesta cardio-vascular	↑
Halle et al., 2017	n=261 alteración cardíaca 60-65 años	12 semanas (3/semana) HIIT 4x4' Bicicleta o Tapiz 90-95%	Aeróbico Ejercicio regular	Randomizado	Propiedades cardíacas	↑
Osuka et al., 2017	n=23 60-69 años	1 semana. HIIT 3 series 2-3' Bicicleta 70-85%	Aeróbico	Cohorte	VO ₂ max/ HR pico, RPE	↑
Moro et al., 2017	n=35 60-80 años	8 meses (2/semana) HIIT fuerza 6 rep ejercicio 70% RM	Fuerza	Randomizado	Fuerza	↑
Coetsee y Terblanche, 2017	n=72 55-75 años	16 semanas HIIT (3/ semana) HIIT 4x4' Tapiz 90-95%	Aeróbico Fuerza	Randomizado	Rendimiento cognitivo	↑
Boereboom et al., 2016	n=21 62-73 años	1 mes (12 sesiones) HIIT 5 x60'' Bicicleta 100-110%	Pre-Post	Cohorte	Capacidad cardio-pulmonar	↑
Sosner, Gayda, et al., 2016	n=42 hipertensos 65±7 años	1 sesión HIIT 15''-15'' Bicicleta 100%	Aeróbico HIIT agua	Randomizado	Presión arterial	↑
Beil et al., 2015	n=22 60-75 años	1 sesión HIIT 10x1' Bicicleta 95%	Aeróbico Fuerza	Randomizado	Cardio-vascular y muscular	↑
Bruseghini et al., 2015	n=12 65-75 años	8 semanas (3/semana) HIIT 7x2' Bicicleta 85-95%	Isométrico	Cohorte	Respuesta cardio-vascular	↑
Benda et al., 2015	n=29 alteración cardíaca 65±8 años	12 semanas (2/semana) HIIT 10x3,5 minutos Bicicleta 90%	Aeróbico	Randomizado	Condición Física Calidad vida	↑
Chrysohoou et al., 2014	n=33 alteración cardíaca 63±9 años	12 semanas (3/semana) HIIT 30''-30'' Bicicleta 80%	Control	Randomizado	Capacidad cardio-pulmonar	↑
Donath et al., 2014	n=20 >65 años	1 sesión HIIT 4x4' Tapiz 90%	Jóvenes Control	Randomizado	Control postural	↓
Lamina y Okoye, 2012	n=245 hipertensos 60±7 años	8 semanas (3/semana) HIIT bicicleta intervalos 6'al 60-80%	Control	Randomizado	Presión arterial	↑
Broman et al., 2006	n=20 64-74 años	8 semanas (2/semana) HIIT agua 30''-3' intervalos 75%	Control	Randomizado	Capacidad cardio-pulmonar	↑

Fuente: Elaboración propia

Características de las intervenciones. El periodo de tiempo durante el cual se aplicaron las intervenciones de HIIT varió desde una sesión en un único día hasta programas de una duración de 8 meses. La mayoría de los estudios ($n = 10$) aplicaron una intervención durante un periodo de 4 a 16 semanas. Con relación a la frecuencia de la intervención, en 12 de los estudios seleccionados, se aplicó durante 2-3 días a la semana.

A la hora de optar por un protocolo de HIIT, 13 de los estudios seleccionados incluyeron ejercicios de predominancia aeróbica, bien en cinta de andar ($n = 5$), bien en cicloergómetro ($n = 8$). Las intensidades para este tipo de trabajo se enmarcaron en rangos del 70-80% ($n = 5$) o $>80\%$ ($n = 11$).

Por último, con respecto a la duración de los intervalos de trabajo y descanso, se pudo comprobar que estos variaron desde los 15 segundos hasta los 4 minutos, siendo el número de intervalos habitual de 4 a 10.

Características de las comparaciones. A la hora de establecer comparaciones entre la aplicación del HIIT y cualquier otra condición de los sujetos, se observa que un total de 10 estudios optan por comparar la efectividad de este tipo de entrenamiento con la efectividad de programas de entrenamiento aeróbico ($n = 6$) o de fuerza ($n = 4$).

Características de los diseños. En 11 de los 16 estudios se eligió una asignación muestral aleatoria, mientras que en el resto ($n = 5$) se estudió una única cohorte sin asignación de tratamientos aleatorios.

Características de las variables medidas. Salvo para 2 excepciones que estudiaron el rendimiento cognitivo y el control postural respectivamente, se podría decir que en general la respuesta cardiovascular y muscular de los sujetos post intervención fueron las variables utilizadas para determinar la eficacia de las intervenciones con HIIT.

Características de los hallazgos. En primer lugar, cabría señalar que los protocolos de HIIT aplicados y analizados en adultos mayores de 60 años fueron todos ellos seguros y no presentaron complicaciones, ni en personas sanas ni en personas con algún tipo de patología. Las complicaciones fueron entendidas como la aparición de cualquier problema o alteración médica derivada del propio protocolo de ejercicio.

En segundo lugar y teniendo en cuenta el objetivo principal de este tipo de entrenamiento (mejora del VO₂ máximo), cinco trabajos evidenciaron mejoras de este parámetro tras la aplicación del HIIT (Bartlett et al., 2018; Boereboom, Phillips, Williams, y Lund, 2016; Carl et al., 2017; Hurst et al., 2018; Osuka et al., 2017). Mejoras en la capacidad y potencia aeróbica unidas a beneficios en la ventilación supusieron un mejor fitness cardiovascular en los sujetos intervenidos.

A su vez, se evidenciaron mejoras hemodinámicas y en parámetros de presión arterial, tanto en sujetos sanos como en hipertensos (cuatro estudios) (Bell et al., 2015; Bruseghini et al., 2015; Lamina y Okoye, 2012; Sosner, Gayda, et al., 2016).

Factores de riesgo relacionados con el síndrome metabólico también se relacionaron con los efectos positivos de este tipo de entrenamiento. La mejora de la resistencia a la insulina y la disminución de los valores de colesterol sería una consecuencia del entrenamiento HIIT en adultos mayores a tenor de algunos resultados encontrados.

En relación con la mejora de la fuerza, tan sólo dos estudios se centraron en los efectos de este entrenamiento (Hurst et al., 2018; Moro et al., 2017). Puesto que ambos utilizaron protocolos de entrenamiento diferentes, resulta difícil unificar los resultados obtenidos. En cualquier caso y según estos dos trabajos, tanto un entrenamiento HIIT basado en carrera como un entrenamiento HIIT basado en ejercicios de fuerza-resistencia podrían mejorar la estimulación sarcoplasmática del sujeto y por ende su fuerza y potencia muscular.

Por último, habría que mencionar un único trabajo centrado en analizar los efectos del HIIT en el rendimiento cognitivo del sujeto y en compararlos con los provocados por el entrenamiento de tipo aeróbico (Coetsee y Terblanche, 2017). Mientras que el entrenamiento aeróbico se presentó como estrategia más eficaz para mejorar las funciones ejecutivas del cerebro, el HIIT lo hizo para las funciones relativas al procesamiento de la información.

DISCUSIÓN

El objetivo fundamental de este trabajo de revisión consistió en examinar la aplicación del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) como medio de entrenamiento saludable en personas adultas mayores (>60 años).

Una de las primeras variables a tener en cuenta antes de aplicar un tipo de entrenamiento con el colectivo de adultos mayores es que sea seguro y presente un riesgo mínimo de complicaciones (Hurst et al., 2018). Ninguno de los protocolos analizados para esta revisión presentó complicaciones para la muestra, lo cual pone de manifiesto que la respuesta de los adultos mayores a un entrenamiento interválico será óptima siempre y cuando éste sea adaptado e individualizado al colectivo. De entre todos los trabajos incluidos, cinco de ellos subrayaron de manera explícita la seguridad de este tipo de entrenamiento (Benda et al., 2015; Boereboom et al., 2016; Carl et al., 2017; Hurst et al., 2018; Osuka et al., 2017). A pesar de que no existieron complicaciones, el limitado número de sujetos en las muestras analizadas (en general $n < 50$) y la brevedad de estas intervenciones (en general <16 semanas) hace pensar que se requieren más estudios de este tipo en los que se amplíe la muestra y duración para poder asegurar que este tipo de entrenamiento no tiene ningún riesgo para la salud de los adultos mayores.

En cuanto a la duración de las intervenciones, es sabido que la permanencia y adherencia de los sujetos al entrenamiento depende de diferentes factores sociales, culturales y personales (Garmendia et al., 2013). Debido a la dificultad de desarrollar estudios longitudinales de larga duración con este colectivo, es difícil encontrar diferentes resultados con diferentes periodos de tiempo. En cualquier caso, y aunque algunos estudios aplicaron el HIIT durante una única sesión obteniendo resultados (Bell et al., 2015; Donath et al., 2014; Sosner, Gayda, et al., 2016), es importante señalar que, como posible referencia a utilizar, una intervención de HIIT que incluya 2-3 sesiones de trabajo a la semana con una duración aproximada de 12-16 semanas parece obtener efectos positivos para la salud.

En relación al medio de entrenamiento, son conocidos los beneficios del trabajo en cicloergómetro (Bouaziz, Schmitt, Kaltenbach, Geny, y Vogel, 2015) o en cinta/tapiz de andar/correr (Brach y Vanswearingen, 2013) para los adultos. Esto, unido a la facilidad que presentan estos aparatos para controlar la intensidad del trabajo, podría ser el motivo por el cual la mayoría de las intervenciones de HIIT en adultos son realizadas con cicloergómetro o con cinta de andar. La inclusión de este tipo de trabajo en el medio acuático, a tenor de las conclusiones arrojadas por dos de los trabajos incluidos (Broman, Quintana, Lindberg, Jansson, y Kaijser, 2006; Sosner, Gayda, et al., 2016), también parece tener efectos positivos para la salud.

En relación con la intensidad de los intervalos de trabajo realizados, ésta debería ser próxima al 90% para poder ser considerado un verdadero HIIT (Lopez-Chicharro y Vicente-Campos, 2018). Por el contrario, con base en los resultados obtenidos en los estudios analizados, podemos comprobar que las intensidades comprendidas en el rango 75-90% también pueden ser efectivas y saludables para el colectivo de los adultos mayores. Para la concreción de los intervalos de trabajo, aunque algunos autores utilizaron el conocido y recomendado protocolo HIIT 4x4 (Coetsee y Terblanche, 2017; Halle et al., 2017; Hurst et al., 2018), otros muchos se decantaron por experimentar con intervalos de trabajo más cortos que variaban desde los 15 segundos a los 3 minutos (Boereboom et al., 2016; Chrysohoou et al., 2014; Osuka et al., 2017; Sosner, Gayda, et al., 2016). Pese a que existen infinidad de protocolos utilizados y actualmente no contamos con un consenso sobre esta cuestión, si nos basamos en las conclusiones de los estudios incluidos en esta revisión, no superar los 4 minutos de trabajo por intervalo de 4 a 10 veces parece ser la pauta más recomendable para la salud en este colectivo.

En cuanto a los efectos saludables de este entrenamiento, el HIIT aplicado durante un mes (Boereboom et al., 2016), dos meses (Bartlett et al., 2018; Bruseghini et al., 2015) y tres meses (Halle et al., 2017) mejoró la capacidad y potencia aeróbica. En consecuencia, se constata que a través de este método de entrenamiento se puede mejorar el VO₂ máximo en adultos mayores y aumentar de este modo la esperanza de vida (Clausen et al., 2018). Con pacientes cardíacos crónicos, esta mejora en principio no sería atribuida a una remodelación

estructural del corazón sino más bien funcional (Benda et al., 2015). La mejora de la capacidad ventilatoria encontrada tras aplicar durante 8 semanas un HIIT en medio acuático, sí parece estar relacionada con la mejora de la capacidad aeróbica del sujeto (Broman et al., 2006).

Respecto a las adaptaciones hemodinámicas provocadas por este tipo de entrenamiento, parece existir un consenso acerca del efecto positivo sobre la presión arterial. Así, en un trabajo en el que se analizaron los efectos de una sesión de HIIT en agua con sujetos hipertensos, se encontró que la presión arterial disminuyó durante las 24 horas siguientes al ejercicio (Sosner, Gayda, et al., 2016). Otros trabajos con intervenciones de 1 y 2 meses, también encontraron descensos en la presión diastólica y en la presión arterial media (Boereboom et al., 2016; Lamina y Okoye, 2012). Puesto que la presión arterial tiene una relación inversa demostrada con la esperanza de vida (Boshuizen, Izaks, van Buuren, y Ligthart, 1998), el HIIT se presenta como un factor protector de diversas patologías relacionadas con esta variable.

Los valores de colesterol inadecuados, también relacionados con una menor esperanza de vida en el adulto (Félix-Redondo, Grau, y Fernández-Bergés, 2013), podrían verse beneficiados por la aplicación del HIIT. En un estudio donde se aplicó un entrenamiento interválico con ejercicios de fuerza durante 8 meses, se encontraron reducciones significativas de colesterol en sangre (Moro et al., 2017). Esta mejora se demostró previamente en otro trabajo (Lamina y Okoye, 2012).

La fuerza como capacidad física básica también ha sido relacionada con una mayor esperanza de vida y un menor riesgo de contraer patologías (Li et al., 2017). Al respecto, convendría señalar que una única sesión de HIIT de 10 repeticiones por 1 minuto mostró mejoras en el metabolismo muscular y la estimulación sarcoplasmática (Bell et al., 2015). Estas mejoras también fueron encontradas por otros autores aplicando una intervención de 12 semanas (Hurst et al., 2018). En este trabajo se evidenció una mejora en los valores de fuerza de empuñadura de sujetos adultos mayores, lo cual es una variable que ha sido estrechamente relacionada con un menor riesgo de mortalidad prematura (Ling et al., 2010).

En relación con algunas manifestaciones de fuerza nos encontraríamos con el control postural, la cual también fue analizada por algunos autores por su relación con el mayor riesgo de caídas en adultos mayores (Pua, Ong, Clark, Matcher, y Lim, 2017). Con base en esto, habría que mencionar un estudio donde se valoró este elemento tras una sesión de HIIT 4x4 minutos (Donath et al., 2014). Los hallazgos de este trabajo constatan que el control postural empeora durante los 30 minutos posteriores a una sesión de HIIT, razón por la cual habría que tenerlo en cuenta desde el punto de vista de un mayor riesgo potencial de caída.

Finalmente, habría que mencionar los efectos del HIIT sobre el rendimiento cognitivo, ya que también ha sido demostrado que un empeoramiento en las capacidades cognitivas durante el envejecimiento está relacionado con un mayor riesgo de muerte (Connors et al., 2015). Aplicando un protocolo HIIT 4x4 en cinta de andar, se trató de determinar los efectos a nivel cognitivo de este tipo de entrenamiento, comparándolo con el entrenamiento de tipo aeróbico (Coetsee y Terblanche, 2017). Las conclusiones a las que se llegó por parte de los autores fueron que el entrenamiento aeróbico era más efectivo para mejorar las funciones ejecutivas del cerebro y que el HIIT lo era para optimizar la velocidad de procesamiento de la información.

LIMITACIONES

Existen diversos factores que podrían limitar las conclusiones extraídas en este trabajo:

- En esta revisión no se analizaron trabajos en otro idioma diferente al inglés, lo cual podría calificarse como un sesgo de lenguaje.
- Los trabajos incluidos fueron evaluados por su calidad metodológica por un solo revisor. Esto también puede limitar la validez de revisión sistemática.
- Los tamaños de muestra pequeños en algunos de los ensayos incluidos también pueden haber subestimado el efecto de las intervenciones.

CONCLUSIONES

El HIIT es un entrenamiento válido que no ha mostrado complicaciones al ser aplicado al colectivo de los adultos mayores (>60 años). Los protocolos de este entrenamiento aplicados durante periodos de 4-16 semanas con una frecuencia semanal de 2-3 sesiones parecen obtener resultados satisfactorios. En concreto, trabajar en periodos de tiempo desde los 15 segundos a los 4 minutos a una intensidad submáxima (70-90%), tendría efectos positivos para la salud. Estos efectos estarían relacionados con mejoras a nivel cardiovascular, pulmonar, hemodinámico, lipídico, muscular y cognitivo. Los profesionales de la salud deberían de tener en cuenta esta alternativa de entrenamiento con el colectivo de adultos mayores ya que en base a la revisión aquí presentada, este tipo de trabajo podría reportarles múltiples beneficios.

REFERENCIAS

- Abrahin, O., Rodrigues, R., Ramos, A., Da Silva-Grigoletto, M., Pardono, E., y Marçal, A. (2016). Active intervals during high-intensity resistance exercises enhance post-exercise hypotension in hypertensive women controlled by medications. *Isokinetics and Exercise Science*, 24(2), 141–147. doi: <https://doi.org/10.3233/IES-160611>
- Ahmaidi, S., Masse-Biron, J., Adam, B., Choquet, D., Freville, M., Libert, J., y Prefaut, C. (1998). Effects of interval training at the ventilatory threshold on clinical and cardiorespiratory responses in elderly humans. *European Journal of Applied Physiology*, 78(2), 170–176. doi: <https://doi.org/10.1007/s004210050403>
- Bartlett, D., Willis, L., Slentz, C., Hoselton, A., Kelly, L., Huebner, J., ... Huffman, K. (2018). Ten weeks of high-intensity interval walk training is associated with reduced disease activity and improved innate immune function in older adults with rheumatoid arthritis: A pilot study. *Arthritis Research and Therapy*, 20(1), 1–15. doi: <https://doi.org/10.1186/s13075-018-1624-x>
- Bassett, D., y Howley, E. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70–84.
- Batacan, R., Duncan, M., Dalbo, V., Tucker, P., y Fenning, A. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 494–503. doi: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841>
- Bell, K., Séguin, C., Parise, G., Baker, S., y Phillips, S. (2015). Day-to-Day Changes in Muscle Protein Synthesis in Recovery From Resistance, Aerobic, and High-Intensity Interval Exercise in Older Men. *Journals of Gerontology*, 70(8), 1024–1029. doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/glu313>
- Benda, N., Seeger, J., Stevens, G., Hijmans-Kersten, B., van Dijk, A., Bellersen, L., ... Thijssen, D. (2015). Effects of High-Intensity Interval Training versus Continuous Training on Physical Fitness, Cardiovascular Function and Quality of Life in Heart Failure Patients. *Plos One*, 10(10), e0141256. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141256>
- Boereboom, C., Phillips, B., Williams, J., y Lund, J. (2016). A 31-day time to surgery compliant exercise training programme improves aerobic health in the elderly. *Techniques in Coloproctology*, 20(6), 375–382. doi: <https://doi.org/10.1007/s10151-016-1455-1>
- Boshuizen, H., Izaks, G., van Buuren, S., y Ligthart, G. (1998). Blood pressure and mortality in elderly people aged 85 and older: community based study. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 316(7147), 1780–1784.
- Bouaziz, W., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., y Vogel, T. (2015). Health benefits of cycle ergometer training for older adults over 70: a review. *European Review of Aging and Physical Activity#: Official Journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 12, 8. doi: <https://doi.org/10.1186/s11556-015-0152-9>
- Brach, J., y Vanswearingen, J. (2013). Interventions to Improve Walking in Older Adults. *Current Translational Geriatrics and Experimental Gerontology Reports*, 2(4). doi: <https://doi.org/10.1007/s13670-013-0059-0>
- Bressel, E., Ing, J., Iller, A., y Olney, D. (2014). High-Intensity Interval Training on an aquatic treadmill in adults with osteoarthritis: effect on pain, balance, function, and mobility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2088–2096.

- Broman, G., Quintana, M., Lindberg, T., Jansson, E., y Kaijser, L. (2006). High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 117–123. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0237-2>
- Bruseghini, P., Calabria, E., Tam, E., Milanese, C., Oliboni, E., Pezzato, A., ... Capelli, C. (2015). Effects of eight weeks of aerobic interval training and of isoinertial resistance training on risk factors of cardiometabolic diseases and exercise capacity in healthy elderly subjects. *Oncotarget*, 6(19), 16998–17015. doi: <https://doi.org/10.18632/oncotarget.4031>
- Carl, D., Boyne, P., Rockwell, B., Gerson, M., Khoury, J., Kissela, B., y Dunning, K. (2017). Preliminary safety analysis of high-intensity interval training (HIIT) in persons with chronic stroke. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(3), 311–318. doi: <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0369>
- Chrysohoou, C., Tsitsinakakis, G., Vogiatzis, I., Cherouveim, E., Antoniou, C., Tsiantilas, A., ... Stefanadis, C. (2014). High intensity, interval exercise improves quality of life of patients with chronic heart failure: a randomized controlled trial. *QJM*, 107(1), 25–32. doi: <https://doi.org/10.1093/qjmed/hct194>
- Clausen, J., Marott, J., Holtermann, A., Gyntelberg, F., y Jensen, M. (2018). Midlife Cardiorespiratory Fitness and the Long-Term Risk of Mortality: 46 Years of Follow-Up. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(9), 987–995. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.06.045>
- Coetsee, C., y Terblanche, E. (2017). The effect of three different exercise training modalities on cognitive and physical function in a healthy older population. *European Review of Aging and Physical Activity*, 14(1), 13. doi: <https://doi.org/10.1186/s11556-017-0183-5>
- Connors, M., Sachdev, P., Kochan, N., Xu, J., Draper, B., y Brodaty, H. (2015). Cognition and mortality in older people: the Sydney Memory and Ageing Study. *Age and Ageing*, 44(6), 1049–1054. doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afv139>
- Donath, L., Kurz, E., Roth, R., Hanssen, H., Schmidt-Trucksäss, A., Zahner, L., y Faude, O. (2014). Does a single session of high-intensity interval training provoke a transient elevated risk of falling in seniors and adults? *Gerontology*, 61(1), 15–23. doi: <https://doi.org/10.1159/000363767>
- Egger, M., y Smith, G. D. (1998). Bias in location and selection of studies. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 316(7124), 61–66.
- Félix-Redondo, F. J., Grau, M., y Fernández-Bergés, D. (2013). Cholesterol and cardiovascular disease in the elderly. Facts and gaps. *Aging and Disease*, 4(3), 154–169. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23730531>
- Garmendia, M., Dangour, A., Albala, C., Eguiguren, P., Allen, E., y Uauy, R. (2013). Adherence to a physical activity intervention among older adults in a post-transitional middle income country: a quantitative and qualitative analysis. *The Journal of Nutrition, Health y Aging*, 17(5), 466–471. doi: <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0417-1>
- Guadalupe-Grau, A., Aznar-Laín, S., Mañas, A., Castellanos, J., Alcázar, J., Ara, I., ... Garcia-Garcia, F. (2016). Short and Long Term Effects of Concurrent Strength and HIIT Training in Octogenarian COPDs. *Journal of Aging and Physical Activity*, 32, 1–44. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0012>
- Halle, M., Conraads, V., Delagardelle, C., Larsen, A., Hole, T., Mezzani, A., ... Isar, D. (2017). High Intensity Interval Training in Heart Failure Patients with Reduced Ejection Fraction. *Circulation*, 136(23), 1–7.
- Harris, J. D., Quatman, C. E., Manring, M. M., Siston, R. A., y Flanagan, D. C. (2014). How to write a systematic review. *American Journal of Sports Medicine*, 42(11), 2761–2768. doi: <https://doi.org/10.1177/0363546513497567>
- Herbert, P., Grace, F., y Sculthorpe, N. (2016). One Session of High-Intensity Interval Training (HIIT) Every Five Days Improves Muscle Power in Lifelong Sedentary Ageing Men: A Randomized Controlled Trial (RCT). *Japa*, 24(Suppl.), S32. doi: <https://doi.org/10.1123/JAPA.2016-0156>
- Hurst, C., Weston, K., y Weston, M. (2018). The effect of 12 weeks of combined upper- and lower-body high-intensity interval training on muscular and cardiorespiratory fitness in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 0(0), 0. doi: <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1015-9>

- Karlsen, T., Aamot, I., Haykowsky, M., y Rognmo, Ø. (2017). High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 60(1), 67–77. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2017.03.006>
- Knowles, A., Herbert, P., Easton, C., Sculthorpe, N., y Grace, F. (2015). Impact of low-volume, high-intensity interval training on maximal aerobic capacity, health-related quality of life and motivation to exercise in ageing men. *Age*, 37(2). doi: <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9763-3>
- Ladd, K., Lasky, G., Lieker, M., y Pang, M. (2018). High Intensity Interval Training (HIIT) improves physical performance and frailty in aged mice. *The Journals Of Gerontology: Series A*, 73(4), 429–437. doi: <https://doi.org/10.1093/infdis/jix519/4265606/Host-Transcription-Profile-In-Nasal-Epithelium-And>
- Lamina, S., y Okoye, G. (2012). Therapeutic effect of a moderate intensity interval training program on the lipid profile in men with hypertension: A randomized controlled trial. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 15(1), 42–47. doi: <https://doi.org/10.4103/1119-3077.94096>
- Lepretre, P., Vogel, T., Brechat, P., Dufour, S., Richard, R., Kaltenbach, G., ... Lonsdorfer, J. (2009). Impact of short-term aerobic interval training on maximal exercise in sedentary aged subjects. *International Journal of Clinical Practice*, 63(10), 1472–1478. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2009.02120.x>
- Li, R., Xia, J., Zhang, X., Gathirua-Mwangi, W. G., Guo, J., Li, Y., ... Song, Y. (2017). Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 50(3), 1. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001448>
- Ling, C., Taekema, D., de Craen, A., Gussekloo, J., Westendorp, R., y Maier, A. B. (2010). Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *CMAJ# Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Medicale Canadienne*, 182(5), 429–435. doi: <https://doi.org/10.1503/cmaj.091278>
- Lopez-Chicharro, J., y Vicente-Campos, D. (2018). *Hiit entrenamiento interválico de alta intensidad: bases fisiológicas y aplicaciones prácticas*. Exercise Physiology and Training: Madrid.
- Madhavan, S., Stinear, J., y Kanekar, N. (2016). *Effects of a Single Session of High Intensity Interval Treadmill Training on Corticomotor Excitability following Stroke#: Implications for Therapy*. Neural Plasticity.
- Maillard, F., Pereira, B., y Boisseau, N. (2017). Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 269–288. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0807-y>
- Milanović, Z., Sporiš, G., y Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469–1481. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- Moro, T., Tinsley, G., Bianco, A., Gottardi, A., Gottardi, G., Faggian, D., ... Paoli, A. (2017). High intensity interval resistance training (HIIRT) in older adults: Effects on body composition, strength, anabolic hormones and blood lipids. *Experimental Gerontology*, 98(August), 91–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.08.015>
- Munk, P., Butt, N., y Larsen, A. (2010). High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *International Journal of Cardiology*, 145(2), 312–314. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.11.015>
- Nilsson, B., Westheim, A., y Risberg, M. (2008). Effects of Group-Based High-Intensity Aerobic Interval Training in Patients With Chronic Heart Failure. *American Journal of Cardiology*, 102(10), 1361–1365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.07.016>
- Osuka, Y., Matsubara, M., Hamasaki, A., Hiramatsu, Y., Ohshima, H., y Tanaka, K. (2017). Development of low-volume, high-intensity, aerobic-type interval training for elderly Japanese men: a feasibility study. *European Review of Aging and Physical Activity*, 14(1), 1–8. doi: <https://doi.org/10.1186/s11556-017-0184-4>
- Pua, Y., Ong, P., Clark, R., Matcher, D., y Lim, E. (2017). Falls efficacy, postural balance, and risk for falls in older adults with falls-related emergency department visits: prospective cohort study. *BMC Geriatrics*, 17(1), 291. doi: <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0682-2>
- Raymond, M., Jeffs, K., Winter, A., Soh, S., Hunter, P., y Holland, A. (2017). The effects of a high-intensity functional exercise group on clinical outcomes in hospitalised older adults: An assessor-blinded, randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 46(2), 208–214. doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afw215>

- Ross, L., Porter, R., y Durstine, J. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of Sport and Health Science*, 5(2), 139–144. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.04.005>
- Roy, M., Williams, S., Brown, R., Meredith-J, Osborne, H., Jospe, M., y Taylor, R. (2018). HIIT in the Real World. *Medicine y Science in Sports y Exercise*. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001642>
- Sculthorpe, N., Herbert, P., y Grace, F. (2015). Low-Frequency High-Intensity Interval Training Is an Effective Method To Improve Muscle Power in Lifelong Sedentary Aging Men: a Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc*, 63(11), 2412–2413.
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Gherzi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... Whitlock, E. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015: Elaboration and explanation. *BMJ* (Online), 349(January), 1–25. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>
- Sijie, T., Hainai, Y., Fengying, Y., y Jianxiong, W. (2012). High intensity interval exercise training in overweight young women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(3), 255–262.
- Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., y Dalgas, U. (2013). Effects of sprint interval training on VO₂max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 23(6), e341–e352. doi: <https://doi.org/10.1111/sms.12092>
- Sosner, P., Bosquet, L., Herpin, D., Guilbeault, V., Latour, E., Paquette-Tannir, L., ... Gayda, M. (2016). Net Blood Pressure Reduction Following 9 Months of Lifestyle and High-Intensity Interval Training Intervention in Individuals With Abdominal Obesity. *Journal of Clinical Hypertension*, 18(11), 1128–1134. doi: <https://doi.org/10.1111/jch.12829>
- Sosner, P., Gayda, M., Dupuy, O., Garzon, M., Lemasson, C., Gremeaux, V., ... Bosquet, L. (2016). Ambulatory blood pressure reduction following high-intensity interval exercise performed in water or dryland condition. *Journal of the American Society of Hypertension*, 10(5), 420–428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jash.2016.02.011>
- StØren, Ø., Helgerud, J., SÆbØ, M., StØa, E., Bratland-Sanda, S., Unhjem, R. J., ... Wang, E. (2017). The Effect of Age on the V-O₂max Response to High-Intensity Interval Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(1), 78–85. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001070>
- Taya, M., Amiya, E., Hatano, M., Maki, H., Nitta, D., Saito, A., ... Komuro, I. (2018). High-intensity aerobic interval training can lead to improvement in skeletal muscle power among in-hospital patients with advanced heart failure. *Heart and Vessels*, 33(7), 752–759. doi: <https://doi.org/10.1007/s00380-018-1120-x>
- Way, K. L., Sultana, R. N., Sabag, A., Baker, M. K., y Johnson, N. A. (2019). The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24 h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(4), 385–391. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.228>
- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R., y Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 635–646. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.12532>
- Xie, B., Yan, X., Cai, X., y Li, J. (2017). Effects of High-Intensity Interval Training on Aerobic Capacity in Cardiac Patients#: A Systematic Review with Meta-Analysis. *BioMed Research International*. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5420840>
- Participación:** A- Financiamiento, B- Diseño del estudio, C- Recolección de datos, D- Análisis estadístico e interpretación de resultados, E- Preparación del manuscrito.