



REVISIÓN

Efectividad del entrenamiento interválico de alta intensidad en la capacidad cardiorrespiratoria de personas mayores de 65 años, una revisión sistemática



Carolina Núñez Vergara^{a,*}, Raúl Smith Plaza^{b,c,d,e} y Natalia Pérez Ramírez^{b,f}

^a Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián, Valdivia, Chile

^b Subdirección de Investigación, Sociedad Pro-Ayuda al Niño Lisiado, Teletón, Chile

^c Unidad de Ejercicio y Deporte Adaptado, Teletón, Chile

^d Hospital Clínico Mutual de Seguridad C.Ch.C, Santiago, Chile

^e Alemana Sport, Clínica Alemana de Santiago, Chile

^f Facultad de Medicina, Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 28 de abril de 2020

Aceptado el 27 de abril de 2021

On-line el 1 de junio de 2021

Palabras clave:

Fitness cardiorrespiratorio

Ejercicio físico

Envejecido «y» envejecido

80 y más

Keywords:

Cardiorespiratory fitness

Physical exercise

Aged and aged

80 and over

R E S U M E N

El objetivo de esta revisión fue analizar el efecto del HIIT en la capacidad cardiorrespiratoria, la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) y la seguridad de su ejecución en personas mayores de 65 años.

Se realizó una búsqueda sistemática, siguiendo las recomendaciones PRISMA, en 11 bases de datos electrónicas, evaluando la resolución del HIIT, afectando a la capacidad cardiorrespiratoria como resultado principal y de manera secundaria CVRS y seguridad de su ejecución, valorando el riesgo de sesgo mediante Rob 2.0 y ROBINS-I.

Trece estudios cumplieron con los criterios de inclusión, los cuales consisten en personas mayores de 65 años, intervención mediante HIIT mayor a 4 semanas y estudios que valoran la capacidad cardiorrespiratoria.

Se puede concluir que el HIIT mejora la capacidad cardiorrespiratoria en personas mayores de 65 años, en lo que respecta a la CVRS y la seguridad de su ejecución los resultados no son concluyentes. Es esencial unificar criterios en protocolos de intervención, siendo necesarios mayor investigación al respecto.

© 2021 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Effectiveness of high intensity interval training in the cardiorespiratory capacity of people older than 65 years old: A systematic review

A B S T R A C T

The objective of this review was to analyze the effect of HIIT on cardiorespiratory fitness, health-related quality of life (HRQL) and safety of its execution in people over 65 years of age.

A systematic search was carried out, following the PRISMA recommendations, in 11 electronic databases, evaluating the resolution of the HIIT, affecting cardiorespiratory capacity as the main result and secondarily HRQL and safety of its execution, assessing the risk of bias using Rob 2.0 and ROBINS-I.

Thirteen studies met the inclusion criteria, consisting of people >65 years, HIIT intervention >4 weeks, and studies assessing cardiorespiratory fitness.

It can be concluded that HIIT improves cardiorespiratory capacity in people over 65 years of age, with respect to HRQL and the safety of its execution, the results are not conclusive. It becomes essential to unify criteria in intervention protocols, requiring further research in this regard.

© 2021 SEGG. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carolina.nunez@uss.cl (C. Núñez Vergara).

Introducción

Existe evidencia suficiente sobre la asociación positiva entre el aumento del nivel de actividad física, ejercicio físico y la mejora de la salud en personas mayores, favoreciendo un adecuado proceso de envejecimiento, que otorgue una mayor independencia funcional y que permita continuar con un rol activo en la sociedad^{1,2}.

Diversas metodologías de entrenamiento han mostrado efectos benéficos en la salud, tales como el ejercicio aeróbico de intensidad moderada (ejercicio continuo de intensidad moderada [MICT]), ejercicios de fuerza muscular, ejercicio multicomponente y el ejercicio interválico de alta intensidad, conocido por su sigla en inglés como HIIT (high intensity interval training). Este último corresponde a un tipo de entrenamiento discontinuo que involucra episodios repetidos de alta intensidad y corta duración, en el cual el sujeto alcanza entre el 80-95% de la frecuencia cardíaca máxima teórica ($FC_{máx}$), seguido de tiempos de recuperación de baja intensidad, con valores entre 40-50% de la $FC_{máx}$ ³⁻⁶.

Las adaptaciones fisiológicas inducidas por el HIIT dependen de los factores relacionados a su prescripción, tales como la frecuencia, la intensidad, la modalidad de ejercicio y la duración, tanto de los episodios de trabajo y de recuperación⁷. Los resultados obtenidos de su práctica se relacionan a un aumento del contenido mitocondrial, favoreciendo la capacidad del metabolismo aeróbico⁸, un aumento del consumo de oxígeno máximo ($VO_{2máx}$) y una disminución tanto de los factores de riesgo cardiovascular, como de la morbilidad por todas las causas, lo que genera una mejora de la salud cardiovascular⁹. Uno de los mecanismos fisiológicos propuestos como base para el logro de estos resultados es el déficit de oxígeno generado por cada intervalo de alta intensidad, que activaría las adaptaciones cardiovasculares en el organismo¹⁰.

Posterior a los años 90, ha crecido el interés por indagar esta modalidad de entrenamiento en el ámbito de la salud, ganando popularidad debido a los beneficios obtenidos en breves periodos, lo que favorece su adherencia en comparación con las otras metodologías de entrenamiento⁶. Sin embargo, en el caso de las personas mayores, la evidencia de este tipo de entrenamiento aún se encuentra en desarrollo, investigaciones recientes han identificado una mayor actividad de las fibras musculares tipo II en esta modalidad de entrenamiento, lo que puede favorecer un aumento en la velocidad de la marcha y el equilibrio, junto con prevenir el estado de fragilidad en la persona mayor¹¹, además permitiría mejoras en la composición corporal, la fuerza muscular, la movilidad⁴, la capacidad aeróbica, la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) y la motivación por el ejercicio³. En lo que respecta a la seguridad de su ejecución, esta metodología de entrenamiento puede realizarse de forma segura siempre que se consideren las condiciones clínicas de quien lo realice, teniendo en cuenta que existen situaciones que contraindican su práctica en cierto tipo de enfermedades^{5,12}.

Dado lo anterior, si bien se conoce preliminarmente que el HIIT traería beneficios superiores a los del MICT con respecto a la mejora del $VO_{2máx}$, no se ha realizado una revisión sistemática de la evidencia disponible en esta población de estudio, en términos de su efectividad y seguridad de ejecución, es por esto que el objetivo de esta investigación fue analizar sistemáticamente el efecto de los programas de ejercicio tipo HIIT en la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, la CVRS y la seguridad de ejecución en personas mayores de 65 años.

Material y métodos

Protocolo y registro

La presente revisión se realizó siguiendo las recomendaciones de la Colaboración Cochrane¹³ y la declaración Preferred Reporting

Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) para la publicación de revisiones sistemáticas¹⁴. Su protocolo fue publicado en PROSPERO con el número de registro CRD42018097246.

Criterios de elegibilidad

Tipos de estudios

Ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados, y estudios observacionales de cohortes para la evaluación de eventos adversos.

Criterios de exclusión: cartas al Editor, informe de caso, revisiones narrativas, otros tipos de estudios observacionales.

Población

Personas mayores de 65 años, incluyendo artículos que presentaron rangos etarios variables solo si el análisis fue independiente según edad, para control de dicha variable. No existieron restricciones en relación con la condición de salud de los participantes.

Intervención

Se incluyeron estudios cuya intervención fue un programa de entrenamiento de mínimo 4 semanas de duración, sin restricción en relación con un máximo de semanas, en el que los participantes fueron asignados de forma aleatoria y no aleatoria a un grupo de HIIT o grupo de comparación o control sin intervención. Solo se incluyeron estudios que utilizaron el HIIT como metodología de entrenamiento, sin restricciones en la selección del tipo de HIIT, el equipamiento utilizado y la estructura metodológica de las variables que componen el entrenamiento, tales como duración del intervalo y recuperación, número de intervalos, número de series y duración del periodo de ejercicio entre series.

Comparación

La comparación se realizó con estudios que utilizaron programas de MICT. Se aceptaron estudios que no tuvieran un grupo comparador, sino que presentaron los resultados del HIIT como grupo único antes-después.

Medidas de resultado

El objetivo principal de la presente revisión fue analizar sistemáticamente el efecto de programas de ejercicio tipo HIIT en la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, la CVRS y la seguridad de su ejecución en personas mayores de 65 años.

La mejor medida de la capacidad cardiorrespiratoria es el consumo de oxígeno máximo, el cual está definido como la capacidad máxima del organismo de captar, transportar y utilizar oxígeno durante el ejercicio físico¹⁵. Su medición puede realizarse mediante procedimientos directos, tales como el análisis de gases espirados o indirectos mediante su estimación. En lo que respecta a esta variable, no hubo restricciones en relación con la forma de medición.

La CVRS, definida como la percepción de un individuo sobre la influencia de diversos aspectos de su vida en su estado de salud, tales como las esferas física, emocional, social, intrapersonal, etc. El instrumento de evaluación para esta variable fue el cuestionario SF-36, instrumento genérico que proporciona un perfil del estado de salud de la persona¹⁶.

Otro resultado a evaluar fue la seguridad de su ejecución, mediante la presencia de eventos adversos reportados producto de la práctica de HIIT.

Fuentes de información

La estrategia de búsqueda estuvo limitada a humanos, sin restricción de idiomas ni año de publicación, considerando como año de inicio el año de apertura de la base de datos, con el objetivo de ampliar el alcance de búsqueda. No se realizaron exclusiones basadas en la condición de salud, sexo, lugar de residencia de los

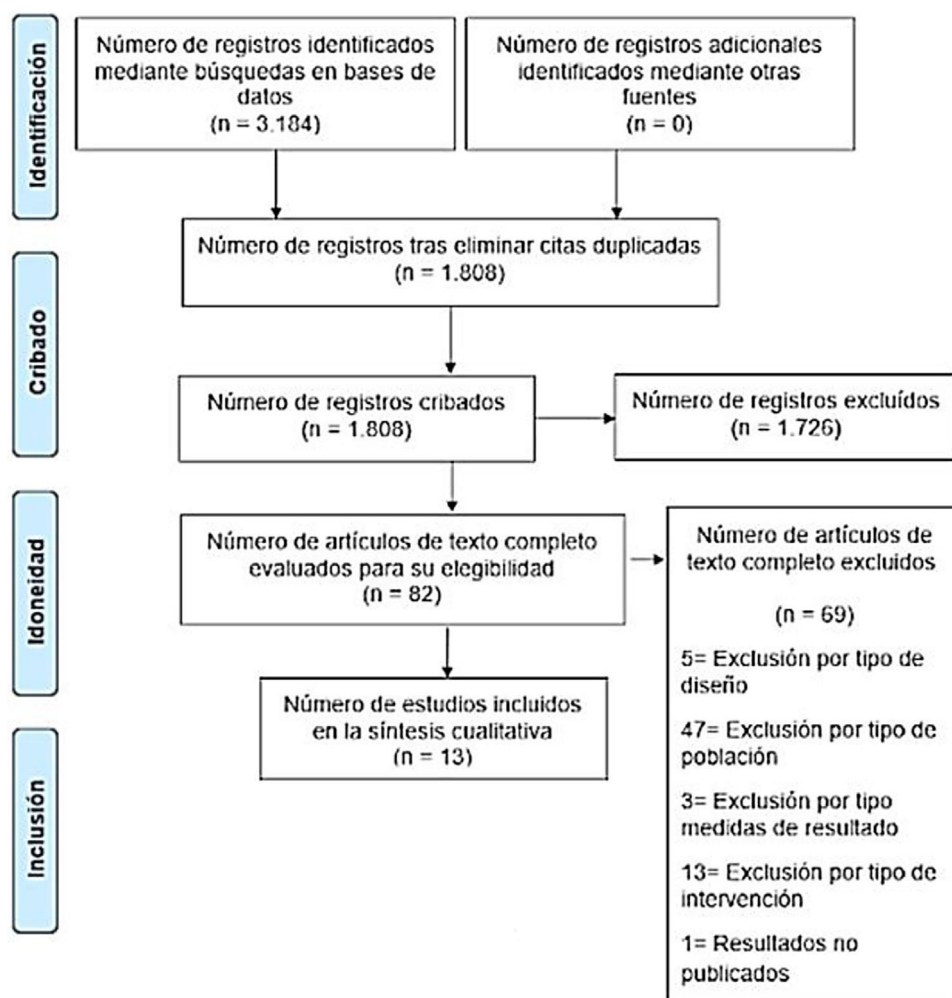


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

sujetos de los estudios o el establecimiento donde se realizó la terapia.

Se realizó una búsqueda sistemática en 11 bases de datos electrónicas: MEDLINE (PubMed), EMBASE, Web of Science, PEDro, SCOPUS, ProQuest, CINAHL, SciELO, TripData Base, SPORTDiscus, Rehabilitation and Sports Medicine Source (R & SMS) y una búsqueda manual en la lista de referencias de los estudios elegibles. La búsqueda se realizó en el periodo comprendido entre el 21 y el 25 de mayo del 2018 y el 7 y 8 de marzo del 2019.

Los términos de búsqueda se determinaron mediante una estrategia realizada en MEDLINE utilizando una combinación de términos MeSH y texto libre que se adaptaron a las otras bases de datos. La estrategia de búsqueda incluyó términos relacionados con la población (personas mayores de 65 años) y la intervención (HIIT) (anexo 1).

Selección de los estudios

Los títulos y los resúmenes de los estudios fueron recuperados utilizando la estrategia de búsqueda y fuentes adicionales, siendo evaluados de forma independiente por 2 revisores, utilizando el software en línea Abstrackr¹⁷. El texto completo de estos estudios potencialmente elegibles fue recuperado y evaluado independientemente para determinar su elegibilidad.

Todos los procesos relacionados con el estudio fueron realizados por 2 revisores; las discrepancias que surgieron fueron resueltas por un tercer revisor.

Extracción de datos

Dos investigadores extrajeron los datos de los estudios incluidos de forma independiente, para la evaluación de la calidad de los estudios individuales y síntesis de la evidencia. Las discrepancias se resolvieron a través del tercer revisor. En caso de dudas sobre los datos en los estudios elegibles, los revisores se comunicaron con el autor principal para solicitar datos faltantes o adicionales.

Riesgo de sesgo en los estudios incluidos

Se evaluó de forma independiente el riesgo de sesgo en los ensayos clínicos aleatorizados elegibles mediante la herramienta RoB 2.0; para los ensayos no aleatorizados y estudios de cohorte, se evaluó el riesgo de sesgo aplicando la herramienta ROBINS-I.

Estrategia para la síntesis de datos

Se realizó primeramente una síntesis narrativa de los hallazgos de los estudios incluidos, especificando el tipo de intervención, las características de la población, el tipo de resultados, las características de la intervención y el riesgo de sesgo.

Tabla 1
Características de los participantes

Estudio	Diseño de estudio	Lugar	N.º	Edad (desviación estándar o rango de edad)	Condición de salud
Losa-Reyna et al., 2019 ²⁵	Ensayo controlado no aleatorizado	España	20 Masculino: 5 Femenino: 15	84,2 ± 4,5 años	Frágiles o prefrágiles según los criterios de fragilidad de Linda Fried (velocidad de marcha en 4,5 m, fuerza de agarre, pérdida involuntaria de peso, agotamiento o baja resistencia y bajo nivel de actividad física). Se consideraron frágiles cuando presentaban 3 o más criterios, prefrágiles si presentaban 1-2 criterios
Wyckelsma et al., 2017 ²⁷	Ensayo clínico aleatorizado	Australia	15 Masculino: 9 Femenino: 6	69,4 ± 3,5 años	Sin comorbilidades ni consumo de medicamentos que afecten Na ⁺ , K ⁺ -ATPasa
Guadalupe-Grau et al., 2016 ²⁶	Estudio cuasiexperimental tipo ABA	España	9 N.º según sexo: no descritos en el estudio	84,2 ± 2,8 años	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
Bruseghini et al., 2015 ¹⁹	Estudio cuasiexperimental de factor único intrasujeto	Italia	12 Masculino: 12 Femenino: 0	68 ± 4 años	Moderadamente activos
Brovold et al., 2013 ²⁴	Ensayo clínico aleatorizado	Reino Unido	115 Masculino: 45 Femenino: 70	78 ± 5,2 años	Independientes tras alta médica por evento agudo, estos incluyeron: enfermedad cerebrovascular, infarto agudo al miocardio, angina, arritmias, infecciones, mareos y embolia pulmonar
Malatesta et al., 2010 ²⁸	Ensayo clínico no aleatorizado	Francia	22 Masculino: 9 Femenino: 13	65-85 años	Sanos
Lepretre et al., 2009 ²⁹	Estudio cuasiexperimental antes-después	Francia	35 Masculino: 16 Femenino: 19	65,4 ± 4,9 años	Sedentarios
Maire et al., 2006 ²¹	Ensayo clínico aleatorizado	Francia	14 Masculino: 2 Femenino: 12	75,1 ± 4,8 años	Postartroplastia de cadera
Verney et al., 2006 ²⁰	Estudio cuasiexperimental antes-después	Francia	10 Masculino: 10 Femenino: 0	73 ± 4 años	Sanos y activos
Østerås et al., 2005 ³⁰	Ensayo clínico aleatorizado	Estados Unidos	21 Masculino: 8 Femenino: 13	69,7 ± 2,7 años	Sanos
Pichot et al., 2005 ¹⁸	Estudio cuasiexperimental antes-después	Francia	11 Masculino: 11 Femenino: 0	73,5 ± 4,2 años	Activos y sanos
Maire et al., 2004 ²³	Ensayo clínico aleatorizado	Francia	14 Masculino: 2 Femenino: 12	75,1 ± 4,8 años	Postartroplastia de cadera
Maire et al., 2003 ²²	Ensayo clínico aleatorizado	Francia	14 Masculino: 2 Femenino: 12	75,1 ± 4,8 años	Postartroplastia de cadera

Resultados

Selección de estudios

El proceso de revisión sistemática se muestra mediante el diagrama de flujo PRISMA. La búsqueda electrónica arrojó un total de 3.184 artículos, de los cuales, 1.808 se sometieron a revisión de título y resumen, obteniendo un total de 82 artículos potencialmente elegibles que fueron revisados a texto completo, siendo 13 artículos los que dan cumplimiento con los criterios de elegibilidad para realizar el análisis de resultados (fig. 1).

Fueron excluidos 69 estudios, por no cumplir con los criterios de inclusión con respecto a tipo de población, características de la intervención, medidas de resultado y diseño de estudio.

Características de los estudios

Se analizaron 13 artículos que utilizaron como intervención principal el HIIT, cuyo tiempo de intervención varió entre 6 y 14 semanas, en una población total de 312 personas mayores de 65 años (masculino: 131; femenino: 172; sin especificar: 9), con edades entre 65 y 84,2 años, con condiciones de salud variables; provenientes de Australia, Francia, Italia, Reino Unido, Estados Unidos y España; todos en lengua inglesa, variando desde los años 2003 al 2019 (tabla 1).

La principal variable estudiada fue la capacidad cardiorrespiratoria, la evaluación de las medidas de resultado varió según los estudios entre VO₂pico, VO₂máx y metros caminados en la prueba de marcha de los 6 min; otras variables evaluadas fueron la CVRS, a través del cuestionario SF-36 y la presencia de eventos adversos, mediante el reporte de pacientes y registro de investigadores.

Tabla 2
Resultados asociados a la intervención sobre la capacidad cardiorrespiratoria

Estudio	N.º participantes	Protocolo HIIT	Protocolo control o comparación	Medición	Resultados pre y post
Losa-Reyna et al., 2019 ²⁵	HIIT: 11 Control: 9	6 semanas 2 veces por semana En cinta sin fin Calentamiento de 5 min 6-10 intervalos 10-20 s 90% de MVM y 50-100 s 50% de UGS progresando a 30 s 90% MVM y 90 s 50% UGS Vuelta a la calma de 5 min	Continuaron con sus cuidados usuales	TM6 (metros caminados)	HIIT: pre: 257,4 ± 61,7 post: 302,1 ± 71,8 (p valor: 0,06) Control: SI ^a ΔCambio (%) intervención: 19%; control: SI ^a ; entre grupos: SI ^a
Wyckelsma et al., 2017 ²⁷	HIIT: 8 Control: 7	12 semanas 3 veces por semana En cicloergómetro Calentamiento de 3 min. 4 series de intervalos de 4 min a 90-95% FC _{pico} , alternados con recuperación activa a 50-60% FC _{pico} Vuelta a la calma de 5 min	Sin ejercicio, continuaron con sus actividades diarias de manera regular	VO ₂ _{pico} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: pre: 24,7 ± 5,4 post: 28,7 ± 5,1 (p valor 0,002) Control: pre: 23,6 ± 5,3 post: 23,8 ± 5,3 (NS) ΔCambio (%) intervención: 16%; control: SI ^a ; entre grupos: SI ^a
Guadalupe-Grau et al., 2016 ²⁶	HIIT: 9 Control: sin grupo de control	9 semanas 2 veces por semana En cicloergómetro Calentamiento durante 5 min. Intensidad progresiva 5 min al 50-60% FC _{reserva} hasta 80-90% FC _{reserva} , alternados con periodos de recuperación activa al 60% FC _{reserva}	Sin grupo de control o comparación	TM6 (metros caminados)	HIIT: pre: 286,1 ± 107,2 post: 396,2 ± 106,5 (p valor: 0,012) ΔCambio (%) intervención: 27,8%
Bruseghini et al., 2015 ¹⁹	HIIT: 12 Control: sin grupo de control	8 semanas 3 veces por semana En cicloergómetro. Calentamiento de 10 min 7 series de 2 min al 85-90% del VO ₂ _{máx} alternados de periodos de recuperación al 40% del VO ₂ _{máx}	Sin grupo de control o comparación	VO ₂ _{máx} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: pre: 29,9 ± 4,3 post: 32,6 ± 6,0 (p valor 0,0032) ΔCambio (%) intervención: 9%
Brovold et al., 2013 ²⁴	HIIT: 59 Control: 56	12 semanas 2 veces por semana En cinta sin fin Calentamiento de 5 min 3 intervalos de alta intensidad (PSE: 15-17), combinados de 2 intervalos de intensidad moderada (PSE: 11-13) involucrando el uso de extremidades superiores e inferiores	Ejercicios de baja intensidad domiciliarios con seguimiento telefónico de un fisioterapeuta	TM6 (metros caminados)	HIIT: pre: 451,3 ± 111,1 post: 35,1 (IC del 95%: 25,4-44,9) Control: pre: 454,2 ± 116,3 post: 9,3 (IC del 95%: -0,2 a 19) ΔCambio (%) intervención: SI ^a ; control: SI ^a ; entre grupos: SI ^a
Malatesta et al., 2010 ²⁸	HIIT: 12 Control: 10	7 semanas 3 veces por semana En pista cubierta Calentamiento de 15 min Intervalos al 50% FC _{reserva} , alternados de intervalos de descanso al 30% FC _{reserva} , progresando a 100% FC _{reserva} alternando con periodos de descanso al 50% FC _{reserva}	Sin ejercicio	VO ₂ _{máx} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: pre: 27,6 ± 3,7 post: 28,4 ± 3,5 (p valor: 0,57) Control: pre: 27,6 ± 2,8 post: 27,9 ± 3,6 (p valor: 0,57) ΔCambio (%) intervención: SI ^a ; control: SI ^a ; entre grupos: SI ^a
Lepretre et al., 2009 ²⁹	HIIT: 35 Control: sin grupo de control	9 semanas 2 veces por semana En cicloergómetro Calentamiento de 3 min Intervalos de 30 min totales, distribuidos en 6 intervalos de 5 min de alta intensidad al VT 2, alternada con intervalos de descanso a baja intensidad al VT 1	Sin grupo de control o comparación	VO ₂ _{pico} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: Hombre pre: 27,0 ± 5,1 Mujer pre: 18,6 ± 3,6 Hombre post: 29,9 ± 4,5 Mujer post: 21,1 ± 3,7 (p valor: <0,001) ΔCambio (%) intervención: ~ 14%
Maire et al., 2006 ²¹	HIIT: 7 Control: 7	6 semanas 3 veces por semana En ergómetro de brazos. 6 intervalos de 5 min, completando 4 min a trabajo «base» determinado por el VT, alternados de 1 minuto de trabajo «pico» a la máxima potencia tolerada	Sin ejercicio	TM6 (metros caminados)	HIIT: pre: no evaluado post: 405 (270-508) Control: pre: no evaluado post: 259 (218-302) ΔCambio (%) entre grupos: 13,5% a favor de la intervención (p valor: <0,05)

Tabla 2
(continuación)

Estudio	N.º participantes	Protocolo HIIT	Protocolo control o comparación	Medición	Resultados pre y post
Verney et al., 2006 ²⁰	HIIT: 10 Control: sin grupo de control	14 semanas 3 veces por semana En cicloergómetro Calentamiento de 10 min Periodos de alta intensidad al 80-95% FC _{máx} , alternados con periodos de intensidad al 75-85% FC _{máx}	Sin grupo de control ni comparación	VO ₂ _{pico} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: pre: 35,8 (30,6-40,9) post: 39,8 (34,7-44,8) (p valor: <0,001) ΔCambio (%) intervención: 9%
Østerås et al., 2005 ³⁰	HIIT: 10 Control: 11	10 semanas 3 veces por semana Caminata al aire libre Calentamiento de 10 a 15 min 4 min de ejercicio dinámico al 85-95% FC _{máx} , alternados con periodos de 3 min de descanso al 60-70% FC _{máx} , por 4 veces	Sin ejercicio	VO ₂ _{máx} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: pre: 24,2 ± 2,5 post: 27,8 ± 2,3 Control: pre: 26,7 ± 6,4 post: 26,2 ± 6,2 ΔCambio (%) entre grupos: 13,2% a favor de la intervención (p valor: <0,05) HIIT: pre: 26,84 ± 4,38 post: 31,82 ± 5,15 (p valor: <0,01) ΔCambio (%) intervención: 18,6%
Pichot et al., 2005 ¹⁸	HIIT: 11 Control: sin grupo de control	14 semanas 4 veces por semana En cicloergómetro 9 intervalos de ciclos de 5 min, compuesto de 4 min a 65% de FC _{máx} , alternado de 1 min con un 85% de FC _{máx}	Sin grupo de control o comparación	VO ₂ _{máx} (ml × kg ⁻¹ × min ⁻¹)	HIIT: pre: 26,84 ± 4,38 post: 31,82 ± 5,15 (p valor: <0,01) ΔCambio (%) intervención: 18,6%
Maire et al., 2004 ²³	HIIT: 7 Control: 7	6 semanas 3 veces por semana En ergómetro de brazos 6 intervalos de 5 min, completando 4 min trabajo «base» determinado por el VT alternados de 1 min de trabajo «pico» a la máxima potencia tolerada	Sin ejercicio	TM6 (metros caminados)	HIIT: pre: no evaluado post: 405 (270-508) Control: pre: no evaluado post: 259 (218-302) ΔCambio (%) entre grupos: 13,5% a favor de la intervención (p valor: <0,05)
Maire et al., 2003 ²²	HIIT: 7 Control: 7	6 semanas 3 veces por semana En ergómetro de brazos 6 intervalos de 5 min, completando 4 min trabajo «base» determinado por el VT alternados de 1 min de trabajo «pico» a la máxima potencia tolerada	Sin ejercicio	TM6 (metros caminados)	HIIT: pre: no evaluado post: 405 (270-508) Control: pre: no evaluado post: 259 (218-302) ΔCambio (%) entre grupos: 13,5% a favor de la intervención (p valor: <0,05)

MVM: máxima velocidad de marcha; VT: umbral ventilatorio; UGS: velocidad usual de marcha (UGS).

^a SI: sin información.

Los diseños de estudios analizados fueron: ensayos clínicos aleatorizados, no aleatorizados y estudios observacionales de cohortes.

Resultados de los estudios

Resultado principal

Capacidad cardiorrespiratoria. La capacidad cardiorrespiratoria fue evaluada por los 13 estudios analizados¹⁸⁻³⁰, mediante el análisis del cambio en las variables de VO₂_{máx}, VO₂_{pico} y distancia recorrida en la prueba de marcha de 6 min. Se destacan principalmente, los resultados de Pichot et al.¹⁸, que mostraron un incremento significativo del VO₂_{máx}, posterior a 14 semanas de entrenamiento interválico en cicloergómetro en personas mayores activas y sanas¹⁸; este programa se desarrolló 4 veces por semana e involucró periodos de alta intensidad al 85% de FC_{máx} alternados con periodos de baja intensidad al 65% de FC_{máx}, y los resultados de Bruseghini et al.¹⁹, que utilizó como protocolo un entrenamiento de 8 semanas de duración, 3 veces por semana, con intervalos de alta intensidad entre el 85 y el 95% del VO₂_{máx} individual, intercaladas por intervalos de recuperación a aproximadamente el 40% del VO₂_{máx} en personas mayores moderadamente activas¹⁹.

En relación con el VO₂_{pico}, el mayor incremento de VO₂_{pico} se observó en el estudio de Verney et al.²⁰, posterior a 14 semanas de entrenamiento combinado de HIIT y ejercicios de resistencia en

personas mayores sanas y activas; el programa de entrenamiento se desarrolló 3 veces por semana e involucró periodos de alta intensidad al 80-95% FC_{máx} alternados con periodos de intensidad al 75-85% FC_{máx}.

Y en el caso de la distancia recorrida de la prueba de marcha de 6 min, esta fue evaluada en 6 artículos²¹⁻²⁶, el mayor aumento de metros se observó en el estudio de Guadalupe-Grau et al.²⁶, tras 9 semanas de HIIT, 2 veces por semana a una intensidad progresiva del 50-60% FC reserva hasta el 80-90% FC reserva, alternados con periodos de recuperación activa al 60% FC reserva, en personas mayores diagnosticadas de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (tabla 2).

Resultados secundarios

Calidad de vida relacionada con la salud. De los 13 estudios incluidos, solo uno²⁴ evaluó la CVRS a través del cuestionario SF-36. Este estudio evidenció mejoras en todos los dominios del cuestionario, sin diferencias significativas entre el grupo que realizó HIIT y el grupo que realizó entrenamiento de baja intensidad (tabla 3).

Seguridad de su ejecución. Solo 2 de las 13 investigaciones incluidas en esta revisión incluyeron la seguridad de su ejecución a través del reporte de la presencia de eventos adversos^{24,27}. El estudio de Wycelsma et al.²⁷ reportó que algunos participantes experimentaron

Tabla 3

Resultados asociados a la intervención sobre la calidad de vida relacionada con la salud

Estudio	N.º participantes	Protocolo HIIT	Protocolo control o comparación	Medición	Resultados pre/post
Brovold et al., 2013 ²⁴	HIIT: 59 Control: 56	12 semanas 2 veces por semana En cinta sin fin Calentamiento de 5 min 3 intervalos de alta intensidad (PSE: 15-17), combinados de 2 intervalos de intensidad moderada (PSE: 11-13) involucrando el uso de extremidades superiores e inferiores	Ejercicios de baja intensidad domiciliarios con seguimiento telefónico de un fisioterapeuta	SF-36	HIIT: Función física: pre: 60,1 ± 25,0 post: 4,2 (IC del 95%: 1,1-7,4) Salud mental: pre: 67,4 ± 15,7 post: 4,5 (IC del 95%: 1,9-7,2) Vitalidad: pre: 41,4 ± 19,7 post: 8,2 (IC del 95%: 4,2-12,2) Dolor corporal: pre: 55,9 ± 30,2 post: -1,4 (IC del 95%: -7,7 a 4,8) Funcionamiento social: pre: 68,4 ± 27,6 post: 9,7 (IC del 95%: 4,3-15,2) Salud general: pre: 54,8 ± 22,7 post: 1,9 (IC del 95%: -2,2 a 6,1) Rol físico: pre: 42,6 ± 31,0 post: 9,6 (IC del 95%: 3,6-17,1) Rol emocional: pre: 54,0 ± 25,0 post: 3,1 (IC del 95%: -3,4 a 9,4) Control: Función física: pre: 52,5 ± 25,8 post: 4,2 (IC del 95%: 1,1-7,4) Salud mental: pre: 62,3 ± 17,9 post: 4,6 (IC del 95%: 0,6-6,0) Vitalidad: pre: 39,6 ± 17,9 post: 4,6 (IC del 95%: 0,1-11,5) Dolor corporal: pre: 48,2 ± 22,5 post: 5,8 (IC del 95%: -0,4 a 10) Funcionamiento social: pre: 61,6 ± 25,8 post: 7,4 (IC del 95%: 1,6-13,3) Salud general: pre: 47,2 ± 18,7 post: 4,8 (IC del 95%: 1,0-8,6) Rol físico: pre: 37,5 ± 29,6 post: 14,3 (IC del 95%: 7,5-21,5) Rol emocional: pre: 51,4 ± 27,7 post: 3,6 (IC del 95%: 1,4-6,9)

Tabla 4

Resultados asociados a la intervención sobre la seguridad de la intervención

Estudio	N.º participantes	Protocolo HIIT	Protocolo control o comparación	Medición	Resultados
Wyckelsma et al., 2017 ²⁷	HIIT: 8 Control: 7	12 semanas 3 veces por semana En cicloergómetro Calentamiento de 3 min 4 series de intervalos de 4 min a 90-95% FC _{pico} alternados con recuperación activa a 50-60% FC _{pico} Vuelta a la calma de 5 min	Sin ejercicio, continuaron con sus actividades diarias de manera regular	Reporte de pacientes	HIIT: 5 de cada 10 experimentaron episodios vasovagales leves durante el entrenamiento las primeras 2 semanas, sin incidentes posteriores
Brovold et al., 2013 ²⁴	HIIT: 59 Control: 56	12 semanas 2 veces por semana En cinta sin fin Calentamiento de 5 min 3 intervalos de alta intensidad (PSE: 15-17), combinados de 2 intervalos de intensidad moderada (PSE: 11-13) con uso de extremidades superiores e inferiores	Ejercicios de baja intensidad domiciliarios con seguimiento telefónico de un fisioterapeuta	Reporte de pacientes	HIIT: 3 episodios menores de mareo 1 dolor musculoesquelético moderado 1 evento cardiovascular grave

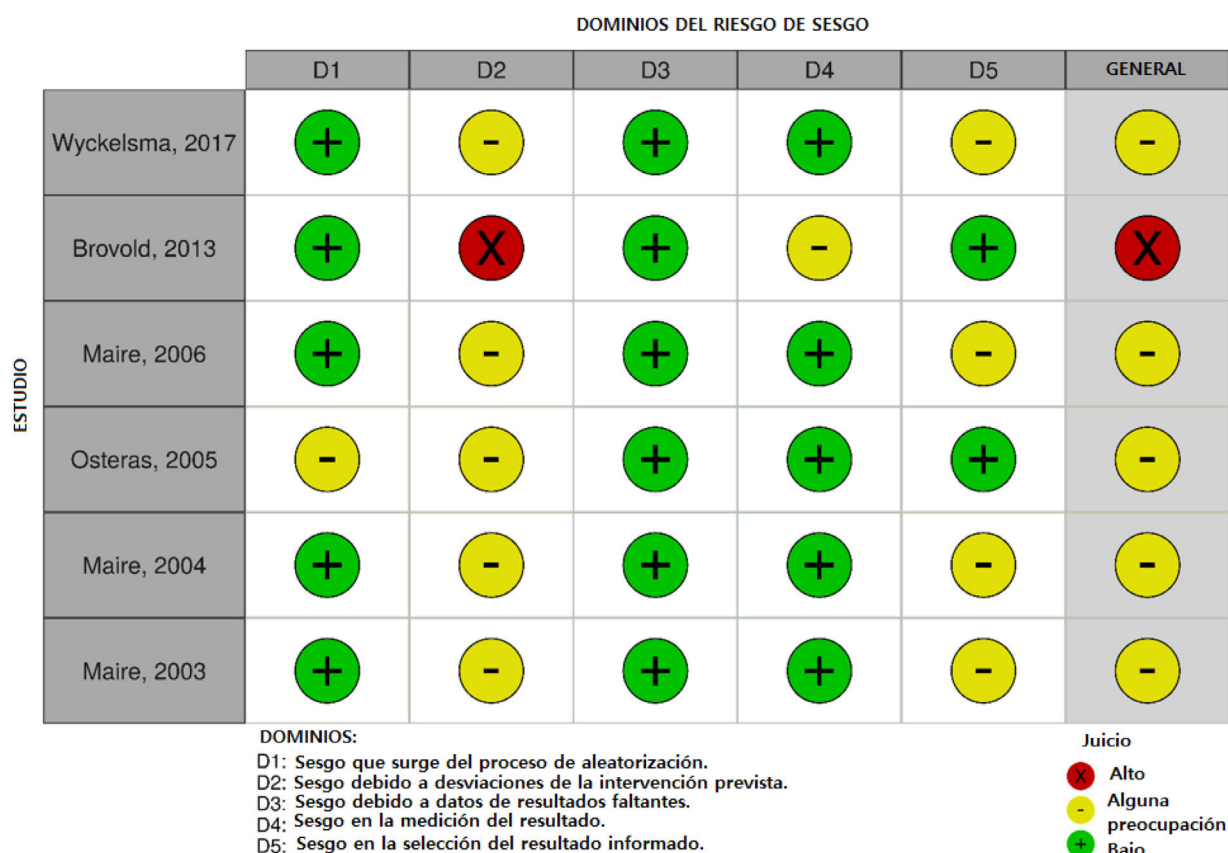


Figura 2. Gráfica de semáforo de riesgo de sesgo en estudios controlados aleatorios, utilizando la herramienta RoB 2.0.

episodios vasovagales leves durante el curso del entrenamiento las primeras 2 semanas, sin más incidentes posteriores. El estudio de Brovold et al.²⁴ registró 3 episodios menores de mareos, un dolor musculoesquelético moderado y un evento cardiovascular grave, el cual no se describe su desenlace ni específicamente a qué tipo de evento correspondió, solo reportan finalmente que ninguno de los efectos anteriormente descritos fue prolongado (tabla 4).

Riesgo de sesgo de los estudios

El riesgo de sesgo de cada estudio se evaluó según su diseño, utilizando la herramienta ROB 2.0 para ensayos clínicos controlados aleatorizados (fig. 2) y ROBINS-I para ensayos clínicos no aleatorizados (fig. 3). En los ensayos clínicos controlados aleatorizados, el riesgo de sesgo fluctuó entre «alguna preocupación» («some concerns») y «alto riesgo» («high risk»), principalmente por el estudio de Brovold et al.²⁴, que presentó «alto riesgo» con respecto al dominio relacionado con el sesgo debido a las desviaciones de la intervención prevista ya que dicho estudio no presentó un protocolo de estudio que aclare la no modificación de su intervención durante su desarrollo. Con respecto a los ensayos clínicos no aleatorizados y de grupo único antes-después, el riesgo de sesgo varió entre riesgo de sesgo bajo a moderado, principalmente porque algunos artículos, tales como el de Bruseghini et al.¹⁹, presentaron mayores dificultades en la medición del resultado.

Discusión

El presente estudio muestra que la evidencia acerca de la efectividad del HIIT sobre la capacidad cardiorrespiratoria en personas mayores aún se encuentra en desarrollo. No obstante, los resultados obtenidos de los estudios primarios evidencian que este tipo de entrenamiento provoca incrementos sobre la capacidad cardiorrespiratoria, entendida como $VO_{2\text{máx}}$, $VO_{2\text{pico}}$ y distancia recorrida en

la prueba de marcha de los 6 min. En lo que respecta con los resultados obtenidos sobre la CVRS, los resultados no fueron concluyentes debido a que, de los estudios incluidos en esta revisión, solo uno midió la variable y no tuvo diferencias con el grupo de ejercicio de baja intensidad; finalmente, en cuanto a la seguridad de su ejecución, se requiere de más información, ya que el reporte de medición y presencia de eventos adversos en los estudios es bajo.

La totalidad de los artículos obtenidos en esta revisión desarrollaron protocolos de HIIT de tipo aeróbico, en cicloergómetros y cintas sin fin, con modalidades de alto y bajo volumen. El mayor incremento observado sobre la capacidad cardiorrespiratoria fue de un 27,8% respecto de sus valores basales, tras un programa de 9 semanas, 2 veces por semana completando un total de 18 sesiones en cicloergómetro²⁶; también se observan incrementos importantes de un 19% respecto de sus valores basales, tras solo 6 semanas de entrenamiento²⁵. Un metaanálisis publicado recientemente³¹ examinó los efectos de diversos protocolos de HIIT sobre las mejoras del $VO_{2\text{máx}}$ en adultos mayores sanos, con sobrepeso/obesos y atléticos, concluyendo que, independiente del protocolo, el HIIT es eficaz para mejorar el $VO_{2\text{máx}}$. Otra revisión sistemática y metaanálisis³² comparó los efectos de HIIT y ejercicio continuo en 736 pacientes cardíacos sobre la capacidad aeróbica en personas de mediana edad y mayores de 65 años. Los principales hallazgos fueron que el HIIT fue superior en cuanto a la mejora de la capacidad aeróbica. El artículo de Brovold et al.²⁴, incluido en esta revisión, es el único que incluía un grupo de intervención con HIIT, comparado con un grupo a baja intensidad. Los resultados de esta investigación muestran que la capacidad cardiorrespiratoria fue superior de manera significativa en el grupo que realizó HIIT.

En relación con la condición de salud de personas mayores de 65 años comprendidos en esta revisión fue variable, incluyendo a personas sin comorbilidades, con enfermedades pulmonares, diferentes niveles de actividad física e independencia; en todos

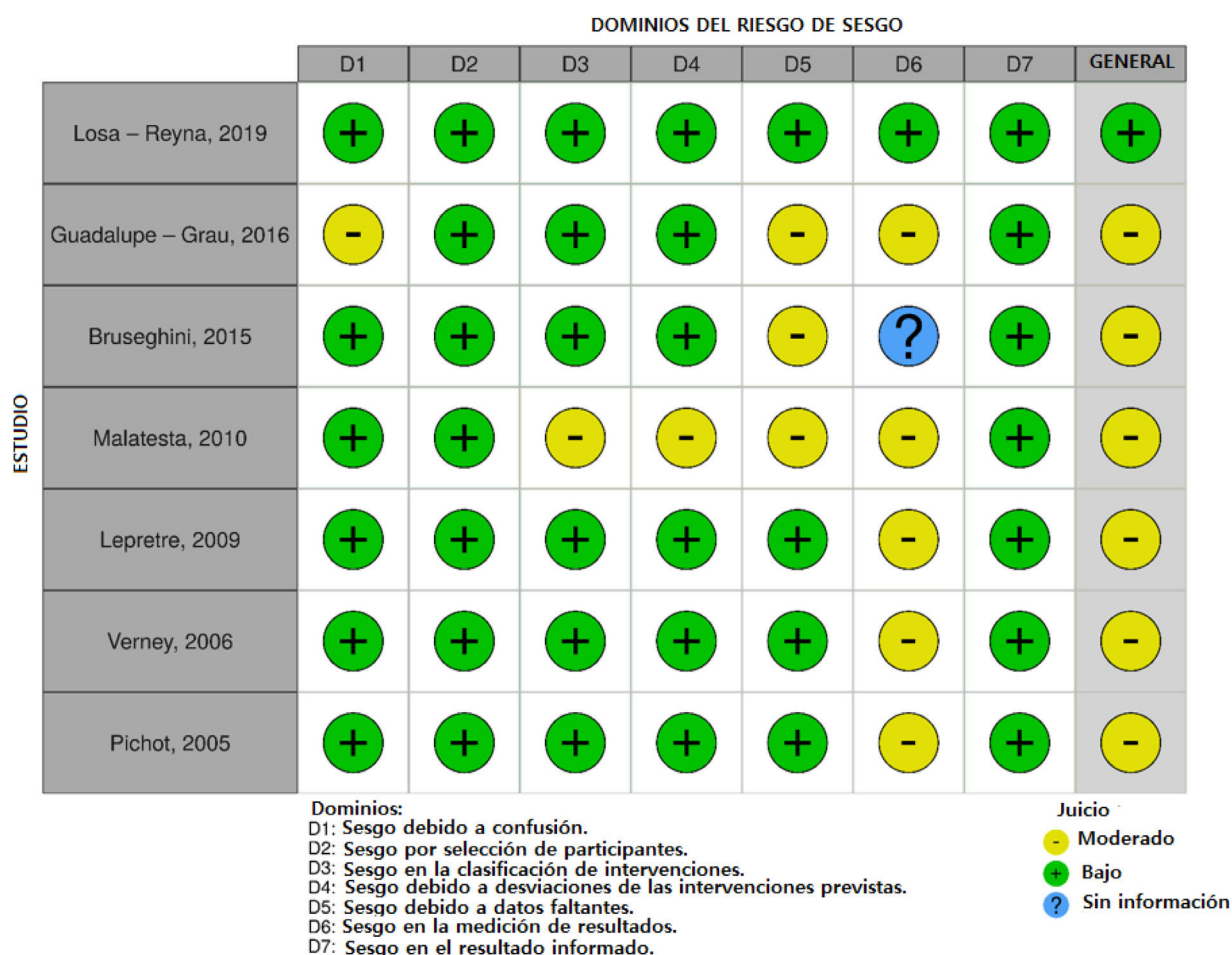


Figura 3. Gráfica de semáforo de riesgo de sesgo en estudios controlados no aleatorios y cuasiexperimentales, utilizando la herramienta ROBINS-I.

ellos, el HIIT mostró mejoras sobre la capacidad aeróbica expresadas en porcentaje de cambio respecto de sus valores basales en el caso de artículos con diseño de grupo único antes-después y respecto de grupo control en el caso de aquellas investigaciones que lo incluyeron. Asimismo, la evidencia existente, muestra resultados similares, la cual expone que este tipo de entrenamiento mejora la capacidad cardiorrespiratoria en diferentes condiciones de salud³²⁻³⁶; así mismo lo muestra un metaanálisis del 2014³⁷, donde evidencia que el HIIT de bajo volumen provoca incrementos moderados sobre la potencia aeróbica en sujetos sedentarios y activos. El aumento de la potencia aeróbica tras este tipo de entrenamiento puede justificarse debido al incremento del contenido mitocondrial, lo cual favorece la capacidad del metabolismo aeróbico⁸, mejorando el $VO_{2\text{máx}}$, fundamentándose en el déficit de oxígeno que sucede tras cada aceleración secundaria al intervalo de recuperación; este nuevo comienzo para conseguir la alta intensidad, concibe la activación del metabolismo anaerobio produciendo un estímulo positivo al organismo, culminando en una remodelación fisiológica producto del trabajo en condición de hipoxia, activando el PGC-1 α , el cual es considerado el regulador de la biogénesis mitocondrial a nivel muscular¹⁰.

En relación con el efecto del HIIT sobre la CVRS, nuestros resultados no son concluyentes debido a que solo el estudio de Brovold et al.²⁴ evaluó la CVRS, obteniendo diferencias no significativas en relación con el grupo control. Una revisión sistemática y metaanálisis publicada en el año 2017³⁵ evaluó los efectos del HIIT versus el entrenamiento continuo de intensidad moderada en 609 pacientes con enfermedad coronaria cuya media de edad se encontraba entre los 58 y 65 años; los hallazgos principales muestran que el

HIIT mejora el $VO_{2\text{máx}}$; en lo que respecta a la CVRS, y al igual que el estudio incluido en esta revisión, no se encontraron diferencias significativas en comparación con el grupo de entrenamiento continuo de intensidad moderada, por lo que pareciera ser que la intensidad del ejercicio no tiene relación con la mejora de la CVRS.

En cuanto a la seguridad de su ejecución, existen datos que demuestran que este tipo de ejercicio puede realizarse de forma segura. En cuanto a los resultados presentados en esta revisión, solo 2 investigaciones incluyeron la seguridad de su ejecución tras reportes de la presencia de eventos adversos, evidenciando solo eventos menores; si bien este tópico no fue nuestro resultado principal, no todos los investigadores declaran dentro de sus investigaciones la presencia de eventos adversos al ejecutar un programa de ejercicio con características de alta intensidad, siendo esto fundamental debido a que el HIIT podría generar cierta preocupación al ser planteada como una opción de intervención en la población de estudio, a pesar que varias investigaciones concuerdan con nuestros resultados. Es así como investigaciones apoyan la seguridad del HIIT en 1.117 en personas mayores de 65 años, incluso con la presencia de comorbilidades tales como enfermedad cardiovascular, y coinciden en que los principales eventos adversos son eventos cardiovasculares menores, molestias musculoesqueléticas³⁸ y tan solo un paro cardíaco no fatal por 23.182 h de ejercicio³⁹. Respecto de lo anterior, pareciera ser que el HIIT es seguro en personas mayores de 65 años, aunque aún falta mayor número de investigaciones que logren avalar la tendencia de lo anterior expuesto.

Si bien los programas de HIIT pueden suponer una mayor exigencia física en el momento de su aplicación y tener ciertas aprensiones de su aplicación en la población mayor, debido

a que utiliza la alta intensidad, estudios demuestran que las personas reportan una mayor adherencia, por lo cual se transforma en una potente herramienta tiempo-eficiente para mejorar la salud cardiorrespiratoria^{5,40,41}. Una revisión sistemática publicada recientemente⁴², que examinó la aplicación del HIIT como método de entrenamiento saludable en personas adultas mayores de 60 años, refuerza lo mostrado en nuestra revisión, que esta metodología de entrenamiento es válida y segura para estas personas y sus beneficios se observan en diversos sistemas, tales como el sistema cardiovascular y pulmonar^{42,43}.

En cuanto a las limitaciones del estudio es importante destacar las diferencias en los reportes metodológicos de los artículos analizados, donde solo uno de ellos presentó bajo riesgo de sesgo. Otras limitantes incluyen la variedad de medidas de resultados, lo cual no permitió un análisis homogéneo de los mismos; el tamaño muestral de los estudios y la aleatorización de la muestra; la pluralidad con respecto a la condición de salud de los sujetos incluidos y la gran diversidad de protocolos propuestos al momento de la intervención, punto fundamental en el momento del diseño de un protocolo de este tipo de entrenamiento. Dado lo expuesto, no fue posible realizar una síntesis cuantitativa de los datos.

Dentro de las proyecciones de la revisión se propone unificar criterios en lo que respecta a la estructura de una sesión de entrenamiento tipo HIIT, ya que existen múltiples formas de poder estructurar un protocolo de intervención, además unificar las condiciones clínicas de aquellas personas que se someten a este tipo de intervención. Esto nos permitirá avanzar hacia la mejor intervención para personas mayores en donde características como el tiempo-efectividad de dicho modelo de entrenamiento puedan aportar al desarrollo de un envejecimiento exitoso.

Conclusión

La modalidad de entrenamiento a través del HIIT ha mostrado efectos positivos sobre la salud, principalmente a través de la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria en personas mayores de 65 años; en lo que respecta a la CVRS faltan investigaciones que apoyen el incremento de este resultado en programas de este tipo, aunque se observa una tendencia a la mejoría, pero sin resultados concluyentes. Se debe tener en cuenta que esta modalidad de ejercicio puede ser una opción al momento de intervenir a personas mayores entendiendo los beneficios que trae en la salud de manera tiempo-efectiva y segura, ya que no ha mostrado mayores eventos adversos asociados a su práctica. Se requiere de estudios con diseño de mayor nivel de evidencia científica y avanzar hacia la unificación de criterios que permitan estructurar una sesión tipo de esta metodología de ejercicio para generar resultados que puedan derivar en una recomendación más concreta. Por lo tanto, es esencial trabajar sobre la unificación de protocolos de intervención, siendo necesarias nuevas líneas de investigación que promuevan este tipo de intervención como una estrategia para el desarrollo de un envejecimiento exitoso.

Financiación

No se utilizaron fuentes de financiación para ayudar en la preparación de esta revisión.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Anexo 1. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.regg.2021.04.009](https://doi.org/10.1016/j.regg.2021.04.009).

Bibliografía

1. Taylor D. Physical activity is medicine for older adults. *Postgrad Med J*. 2014;90(1059):26–32.
2. Lee PG, Jackson EA, Richardson CR. Exercise prescriptions in older adults. *Am Fam Physician*. 2017;95:425–32.
3. Knowles A-M, Herbert P, Easton C, Sculthorpe N, Grace FM. 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 Dordr Neth*. 2015;37:25.
4. García-Pinillos F, Laredo-Aguilera JA, Muñoz-Jiménez M, Latorre-Román PA. Effects of 12-Week Concurrent High-Intensity Interval Strength and Endurance Training Program on Physical Performance in Healthy Older People. *J Strength Cond Res*. 2019;33:1445–52.
5. Taylor JL, Holland DJ, Spathis JG, Beetham KS, Wisløff U, Keating SE, et al. Guidelines for the delivery and monitoring of high intensity interval training in clinical populations. *Prog Cardiovasc Dis*. 2019;62:140–6.
6. Liou K, Ho S, Fildes J, Ooi S-Y. High intensity interval versus moderate intensity continuous training in patients with coronary artery disease: A meta-analysis of physiological and clinical parameters. *Heart Lung Circ*. 2016;25:166–74.
7. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Med Auckl NZ*. 2013;43:313–38.
8. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol*. 2017;595:2915–30.
9. Karlsen T, Aamot I-L, Haykowsky M, Rognmo Ø. High intensity interval training for maximizing health outcomes. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017;60:67–77.
10. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *J Physiol*. 2010;588 Pt 6:1011–22.
11. Danilovich MK, Conroy DE, Hornby TG. Feasibility and impact of high-intensity walking training in frail older adults. *J Aging Phys Act*. 2017;25:533–8.
12. Francois ME, Little JP. Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectr Publ Am Diabetes Assoc*. 2015;28:39–44.
13. Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones, versión 5.1.0 [actualizado Marzo 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012.
14. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6:e1000097.
15. Chicharro JL, Vaquero AF. Fisiología del ejercicio. 3.^a ed. Buenos Aires; Madrid: Editorial Medica Panamericana SA; 2006.
16. Urzúa MA. Calidad de vida relacionada con la salud: elementos conceptuales. *Rev Médica Chile*. 2010;138:358–65.
17. Wallace BC, Small K, Brodley CE, Lau J, Trikalinos TA. Deploying an interactive machine learning system in an evidence based practice center: Abstract. *Proceedings of the 2nd ACM SIGHT International Health Informatics Symposium (IHI)*. 2012:819–24.
18. Pichot V, Roche F, Denis C, Garet M, Duverney D, Costes F, et al. Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. *Clin Auton Res Off J Clin Auton Res Soc*. 2005;15:107–15.
19. Bruseghini P, Calabria E, Tam E, Milanese C, Oliboni E, Pezzato A, et al. 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*. 2015;6:16998–7015.
20. Verney J, Kadi F, Saafi MA, Piehl-Aulin K, Denis C. Combined lower body endurance and upper body resistance training improves performance and health parameters in healthy active elderly. *Eur J Appl Physiol*. 2006;97:288–97.
21. Maire J, Dugué B, Faillenot-Maire A-F, Smolander J, Tordi N, Parratte B, et al. Influence of a 6-week arm exercise program on walking ability and health status after hip arthroplasty: A 1-year follow-up pilot study. *J Rehabil Res Dev*. 2006;43:445–50.
22. Maire J, Dugué B, Faillenot-Maire A-F, Tordi N, Parratte B, Smolander J, et al. Recovery after total hip joint arthroplasty in elderly patients with osteoarthritis: Positive effect of upper limb interval-training. *J Rehabil Med*. 2003;35:174–9.
23. Maire J, Faillenot-Maire A-F, Grange C, Dugué B, Tordi N, Parratte B, et al. A specific arm-interval exercise program could improve the health status and walking ability of elderly patients after total hip arthroplasty: A pilot study. *J Rehabil Med*. 2004;36:92–4.
24. Brovold T, Skelton DA, Bergland A. Older adults recently discharged from the hospital: Effect of aerobic interval exercise on health-related quality of life, physical fitness, and physical activity. *J Am Geriatr Soc*. 2013;61:1580–5.
25. Losa-Reyna J, Baltasar-Fernandez I, Alcazar J, Navarro-Cruz R, Garcia-Garcia FJ, Alegre LM, et al. Effect of a short multicomponent exercise intervention focused on muscle power in frail and pre frail elderly: A pilot trial. *Exp Gerontol*. 2019;115:114–21.

26. Guadalupe-Grau A, Aznar-Laín S, Mañas A, Castellanos J, Alcázar J, Ara I, et al. Short- and long-term effects of concurrent strength and HIIT training in octogenarians with COPD. *J Aging Phys Act*. 2017;25:105–15.
27. Wyckelsma VL, Levinger I, Murphy RM, Petersen AC, Perry BD, Hedges CP, et al. Intense interval training in healthy older adults increases skeletal muscle [3H]ouabain-binding site content and elevates Na⁺/K⁺-ATPase α 2 isoform abundance in Type II fibers. *Physiol Rep*. 2017;5:e13219.
28. Malatesta D, Simar D, Ben Saad H, Préfaut C, Caillaud C. Effect of an overground walking training on gait performance in healthy 65- to 80-year-olds. *Exp Gerontol*. 2010;45:427–34.
29. Lepretre P-M, Vogel T, Brechat P-H, Dufour S, Richard R, Kaltenbach G, et al. Impact of short-term aerobic interval training on maximal exercise in sedentary aged subjects. *Int J Clin Pract*. 2009;63:1472–8.
30. Østerås H, Hoff J, Helgerud J. Effects of High-Intensity Endurance Training on Maximal Oxygen Consumption in Healthy Elderly People. *J Appl Gerontol*. 2005;24:377–87.
31. Wen D, Utesch T, Wu J, Robertson S, Liu J, Hu G, et al. Effects of different protocols of high intensity interval training for VO₂max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Sci Med Sport*. 2019;22:941–7.
32. Xie B, Yan X, Cai X, Li J. Effects of High-Intensity Interval Training on Aerobic Capacity in Cardiac Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. 2017;2017:5420840.
33. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Med Auckl NZ*. 2015;45:1469–81.
34. García-Hermoso A, Cerrillo-Urbina AJ, Herrera-Valenzuela T, Cristi-Montero C, Saavedra JM, Martínez-Vizcaino V. Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes*. 2016;17:531–40.
35. Gomes-Neto M, Durães AR, Reis HFCD, Neves VR, Martinez BP, Carvalho VO. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol*. 2017;24:1696–707.
36. Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*. 2017;51:494–503.
37. Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: A meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med Auckl NZ*. 2014;44:1005–17.
38. Wewege MA, Ahn D, Yu J, Liou K, Keech A. High-intensity interval training for patients with cardiovascular disease —Is it safe? A systematic review. *J Am Heart Assoc*. 2018;7:e009305.
39. Rognmo Ø, Moholdt T, Bakken H, Hole T, Mølsted P, Myhr NE, et al. Cardiovascular risk of high versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation*. 2012;126:1436–40.
40. Thum JS, Parsons G, Whittle T, Astorino TA. High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PloS One*. 2017;12:e0166299.
41. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. 2014;39:409–12.
42. Gómez-Piqueras P, Sánchez-González M, Gómez-Piqueras P, Sánchez-González M. Entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) en adultos mayores: una revisión sistemática. *Pensar en Movimiento Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*. 2019;17:145–65.
43. Su L, Fu J, Sun S, Zhao G, Cheng W, Dou C, et al. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS One*. 2019;14:e0210644.