

Efectos del entrenamiento por intervalos de alta intensidad sobre capacidad aeróbica en personas con enfermedad de las arterias coronarias

BRUNO BIZZOZERO PERONI

Licenciado en Educación Física (Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República)

Máster en Actividad Física y Salud (Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz).

Contacto: brunobpru@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0614-5561

VALENTINA DÍAZ GOÑI

Licenciada en Educación Física. Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República

Contacto: valediazgoni@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1724-1893

Recibido: 12/06/2019

Aprobado: 03/07/2019

DOI: <https://doi.org/10.28997/ruefd.v0i12.1>

Resumen: El objetivo de esta revisión fue conocer la influencia del entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre capacidad aeróbica en personas con enfermedad de las arterias coronaria. Realizamos una revisión de revisiones sistemáticas y meta-análisis en PubMed hasta el 04 de junio de 2019. Se identificaron un total de 23 artículos, de los cuales 3 se seleccionaron para esta revisión. La calidad de los estudios incluidos fue alta (AMSTAR-2). El HIIT presentó mejoras significativas sobre capacidad aeróbica en esta población. El HIIT con una duración entre 7-12 semanas y una intensidad superior a 90% FC_{pico} - 80% VO_{2pico} reportaron mayores mejorías sobre capacidad aeróbica. Son necesarios más estudios que permitan establecer conclusiones consistentes sobre los efectos de otros elementos de la prescripción del HIIT en esta población.

Palabras clave: Capacidad aeróbica; Enfermedad de las arterias coronarias; Entrenamiento por intervalos de intensidad; Programa de ejercicio físico; Rehabilitación cardíaca.

Effects of high-intensity interval training on aerobic capacity in people with coronary artery disease

Abstract The aim of this review was to know the influence of high-intensity interval training (HIIT) on aerobic capacity in people with coronary artery disease. We conducted a review of systematic reviews and meta-analyses in PubMed up to 4 June 2019. A total of 23 articles were identified, of which 3 were finally selected for this review. The quality of the included studies was high (AMSTAR-2). The HIIT presented significant improvements in aerobic capacity in this population. The HIIT with duration between 7-12 weeks and intensity higher than 90% HR_{peak} - 80% VO_{2peak} reported greater improvements in aerobic capacity. Further studies are necessary to establish consistent conclusions about the effects of other elements of HIIT prescription in this population.

Keywords: Aerobic capacity; Coronary artery disease; High-intensity interval training; Physical exercise program; Cardiac rehabilitation



Introducción

La enfermedad de las arterias coronarias (EAC) afecta a 17.5 millones de personas cada año (World Health Organization, 2016a), siendo la primera causa de muertes a nivel mundial con 7.4 millones de muertes en 2012 y un pronóstico de 9.2 millones de fallecimientos para el año 2030 (World Health Organization, 2011, 2016b). La rehabilitación cardíaca (RC) es el tratamiento y prevención secundaria de enfermedades cardíacas (Montalescot et al., 2013). La RC mejora el pronóstico de la enfermedad, recomendándose la participación de todas las personas con EAC (Woodruffe et al., 2015). Es recomendable la inclusión de un programa de ejercicio físico (PEF) dentro de la RC como factor principal para el éxito de esta y la prevención en la recurrencia de eventos cardíacos (Anderson et al., 2016; Ugo et al., 2010). Las actuales cifras de mortalidad por EAC junto a su pronóstico de aumento para los próximos años, suponen un problema socio-sanitario de primer orden mundial (de Gregorio, 2018). Por ello, la RC con un PEF resultan cruciales para reducir estas cifras y mejorar la salud de las personas (Woodruffe et al., 2015). De hecho, la RC que incluye un PEF se asocia con mejoras en funciones cardiovasculares, mortalidad por todas las causas y tasas de supervivencia en personas con EAC (Anderson et al., 2016). Estas mejoras están mediadas, entre otros, a través de mejoras en la capacidad aeróbica inducidos por el PEF (Valkeinen, Aaltonen, & Kujala, 2010). La capacidad aeróbica, determinada generalmente a través del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) o el consumo de oxígeno pico ($VO_{2p\acute{i}co}$), es un predictor importante en el pronóstico y mortalidad en esta enfermedad (Kodama et al., 2009).

El entrenamiento aeróbico continuo de moderada intensidad ha sido el PEF tradicional en la RC, con mejoras sobre el $VO_{2p\acute{i}co}$ en personas con EAC (Ugo et al., 2010). Pero entrenar a intensidades más altas conduce a mayores mejorías sobre el $VO_{2p\acute{i}co}$ (Moholdt, Madssen, Rognmo, & Aamot, 2014). Para

prolongar el tiempo del entrenamiento a intensidades altas, surge el entrenamiento por intervalos (Mezzani et al., 2013). El entrenamiento aeróbico por intervalos de alta intensidad (HIIT) consiste en períodos cortos (0.5-4 minutos) de ejercicio físico a alta intensidad (85-95% $VO_{2p\acute{i}co}$) de forma intermitente con períodos de pausa activa (50-70% $VO_{2p\acute{i}co}$) (Ballesta García, Rubio Arias, Ramos Campo, Martínez González-Moro, & Carrasco Poyatos, 2019). El HIIT se introdujo y adaptó en la RC para personas con EAC hace unos 15 años, reportando mayores mejorías sobre capacidad aeróbica en comparación al MICT (Rognmo, Hetland, Helgerud, Hoff, & Slørdahl, 2004). Desde entonces, han incrementado los estudios del HIIT en esta población y analizado diferentes protocolos del entrenamiento (Guiraud et al., 2012; Ribeiro, Boidin, Juneau, Nigam, & Gayda, 2017). Para ello resulta imprescindible detallar el PEF, lo que supone la delimitación de 4 elementos que son esenciales en la medida de los efectos del entrenamiento: frecuencia, intensidad, tipo y tiempo (FITT) (Riebe et al., 2015). Los componentes del principio FITT constituyen la dosis, prescripción o cantidad de ejercicio físico para mejorar la salud (Billinger, Boyne, Coughenour, Dunning, & Matlage, 2015). Sin embargo, no existe un consenso establecido sobre la prescripción del HIIT más eficiente para esta población (Ribeiro et al., 2017). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es analizar la eficacia del principio FITT en programas de intervención de HIIT sobre capacidad aeróbica en personas con EAC.

Método

Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda electrónica de revisiones hasta el 04 de junio de 2019 en la base de datos PubMed. Se incluyeron revisiones sistemáticas y/o meta-análisis que examinaran y compararan efectos del HIIT a través del principio FITT sobre capacidad aeróbica en personas con EAC.



Al realizar la búsqueda en PubMed se utilizaron los términos MeSH (Medical Subject Heading) para definir la patología cardíaca y la intervención mediante ejercicio físico (ver tabla 1). La combinación fue la siguiente: 'coronary artery disease' [MeSH] AND 'exercise' [MeSH] OR 'exercise therapy' [MeSH] OR 'cardiac rehabilitation' [MeSH] OR 'high-intensity interval training' [MeSH]. Además, se seleccionaron como criterios para la búsqueda: estudios de revisiones sistemáticas y/o meta-análisis, publicados en inglés o español, a texto completo, y en población humana.

Criterios de inclusión/exclusión

Para ser seleccionados en esta revisión, los artículos debían cumplir los siguientes criterios de inclusión: (1) estudios que analicen la influencia del HIIT a través del principio FITT sobre capacidad aeróbica en personas con EAC; (2) en inglés o español a texto completo, publicados en la base de datos seleccionada; y, (3) en modalidad de revisión sistemática y/o meta-análisis.

Además, los criterios de exclusión fueron los siguientes: (1) investigaciones sobre personas cardíacos que no incluyan EAC; (2) revisiones que no expresen resultados específicos sobre capacidad aeróbica; (3) estudios que no analicen y comparen programas de intervención de HIIT a través del principio FITT sobre capacidad aeróbica; (4) revisiones que sus resultados sean la combinación de EAC con otra patología; y, (5) artículos que expresen resultados en base a estudios en animales.

Identificación de estudios

Siguiendo los procedimientos de la estrategia de búsqueda en la base de datos PubMed, se identificaron 22 artículos. La figura 1 muestra gráficamente el flujo del proceso de búsqueda según la declaración 'Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses' (PRISMA) (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Group, 2009). En base a los criterios de inclusión/exclusión, dos revisores (BBP y VDG) realizaron el siguiente procedimiento

de selección: (1) fase de cribado aplicada a título y resumen; (2) búsqueda de texto completo y evaluación de elegibilidad de los artículos seleccionados después del paso anterior. Se buscaron manualmente las listas de referencias de los artículos incluidos para identificar otros estudios apropiados. Finalmente, un total de 3 artículos cumplieron con los criterios de inclusión/exclusión.

Extracción de datos

Dos revisores (BBP y VDG) recopilaron los datos que incluyeron: año y revista de publicación, nombres de los autores, título y tipo de estudio (revisión sistemática y/o meta-análisis), objetivos, criterios de inclusión, fecha de búsqueda de estudios, número de estudios incluidos, edad de los participantes, descripción del principio FITT, resultados y conclusiones sobre capacidad aeróbica (ver tabla 1).

Evaluación de la calidad de los estudios

La calidad metodológica se evaluó utilizando la herramienta 'Assessment of Multiple Systematic Reviews 2' (AMSTAR-2), instrumento validado para la evaluación crítica de revisiones sistemáticas que incluyan ensayos aleatorizados y no aleatorizados (B. J. Shea et al., 2017). AMSTAR-2 es un cuestionario que contiene 16 dominios con opciones de respuesta: "sí" (resultado es positivo), "sí parcial" (adherencia parcial al estándar), o "no" no se cumplió el estándar (B. J. Shea et al., 2017). 7 dominios son considerados críticos (dado que pueden afectar sustancialmente la validez de una revisión y sus conclusiones, y 9 dominios son considerados no críticos (ver tabla 1). De las debilidades en estos dominios surgen cuatro niveles de confianza: alta (ninguna debilidad crítica y hasta una no crítica), moderada (ninguna debilidad crítica y más de una debilidad crítica), baja (hasta una debilidad no crítica, con o sin debilidades no críticas) y críticamente baja (más de una debilidad crítica, con o sin debilidades no críticas) (B. J. Shea et al., 2017). Los autores realizaron la valoración de confianza de los estudios utilizando la lista de verificación en línea AMSTAR-2 (B.



Shea et al., 2017). Cada una de las revisiones incluidas fue evaluada por dos revisores (BBP y VDG), siendo las evaluaciones discutidas y acordadas por

ambos. La tabla 1 resume la evaluación de calidad de los estudios de revisiones sistemáticas y/o meta-análisis incluidos.

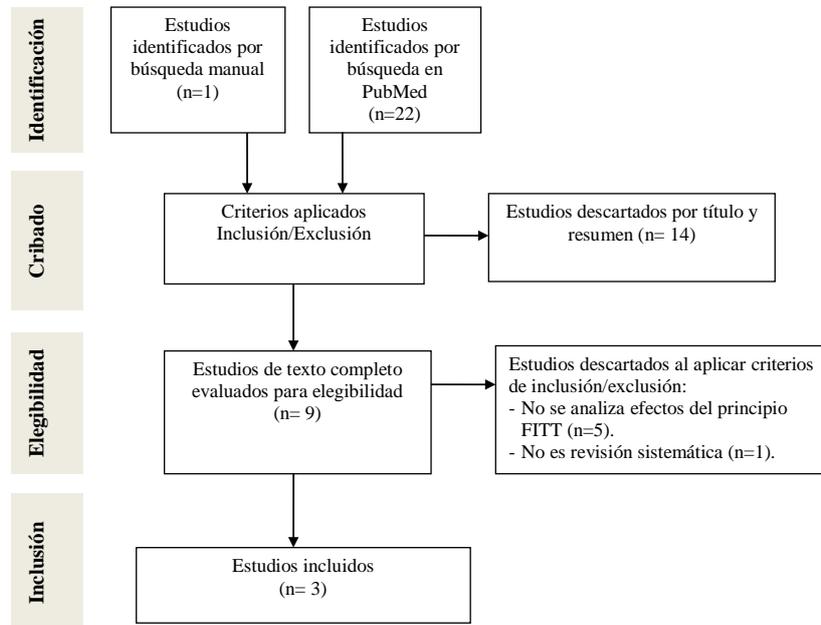


Figura 1. Diagrama de flujo según PRISMA para la selección de revisiones sistemáticas y meta-análisis.

Resultados

Características de los estudios incluidos

Catorce estudios fueron descartados al aplicar criterios de inclusión/exclusión al título y resumen. Del total de 9 estudios de texto completo evaluados para elegibilidad, se excluyeron 6 al aplicar criterios de inclusión/exclusión. En total se incluyeron 3 estudios, 2 identificados en la búsqueda de la base de datos PubMed (Ballesta García et al., 2019; Pattyn, Beulque, & Cornelissen, 2018) y 1 identificado en

la búsqueda manual (Hannan et al., 2018). Un resumen de los estudios incluidos se presenta en la tabla 2. Los 3 estudios contienen revisiones sistemáticas y meta-análisis. Todos los estudios analizaron los efectos del HIIT a través del principio FITT sobre capacidad aeróbica en personas adultos (rango edad media: 52-76 años) con EAC (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018).

Tabla 1. Evaluación de la calidad metodológica (AMSTAR-2) de revisiones sistemáticas y meta-análisis incluidos

Estudios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Confianza
Ballesta (2019)	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	S/P	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Alta
Hannan (2018)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	S/P	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Alta
Pattyn (2018)	Si	S/P	Si	S/P	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Alta



AMSTAR-2 contiene 7 dominios críticos (ítems 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15) y 9 dominios no críticos que pueden ser calificados como "sí", "sí parcial" (S/P), "no", o "no aplica" (N/A). Shea et al. (2017) establecen las preguntas de los dominios/ítems de AMSTAR-2.

Se examinaron un total de 37 intervenciones con 947 personas (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). Los resultados sobre capacidad aeróbica se determinaron a través del consumo de oxígeno pico (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). Dos estudios compararon el HIIT con el entrenamiento continuo de moderada intensidad (Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018) y 1 estudio analizó efectos del HIIT pre-post intervención (Ballesta García et al., 2019). En cuanto al principio FITT, se analizaron los efectos de la frecuencia semanal (Ballesta García et al., 2019), duración (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018), intensidad del intervalo (Pattyn et al., 2018), intensidad de recuperación entre intervalos (Ballesta García et al., 2019), tipo de recuperación entre intervalos (Ballesta García et al., 2019), tipo de ejercicio físico (Pattyn et al., 2018), tiempo del intervalo (Ballesta García et al., 2019; Pattyn et al., 2018) y tiempo de recuperación entre intervalos (Ballesta García et al., 2019). Todos los estudios especificaron la frecuencia/duración, intensidad del intervalo. La tabla 1 indica los niveles de confianza AMSTAR-2. Del total de 3 estudios incluidos, todos presentaron nivel de confianza alto (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018).

Características de las intervenciones

La duración del HIIT osciló entre 2-52 semanas, la frecuencia osciló entre 2-5 sesiones semanales, y los tipos de ejercicio físico más utilizados fueron caminar, correr y ciclismo (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). El rango de intensidades en los intervalos osciló entre 85-95% FC_{máx}, 85-95% FC_{pico}, 80-95% FC_{res},

75-110% PMP, 50% PWC y 80-100% VO_{pico} (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). El rango de intensidades en los períodos de recuperación entre intervalos osciló entre 60-70% FC_{máx}, 50-70% FC_{pico}, 35-70% FC_{res}, 10% PMP, 10% PWC y 50-60% VO_{pico} (Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). El tiempo de sesión osciló entre 4-15 intervalos de 0.5-4 minutos con 3-15 períodos de descanso de 0.5-3 minutos (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). Un estudio no especificó la intensidad del período de recuperación entre intervalos y el tipo de ejercicio físico de las intervenciones (Ballesta García et al., 2019). Todas estas características vienen incluidas en la tabla 2.

Efectos del HIIT a través del principio FITT sobre capacidad aeróbica

El HIIT se asoció a mejoras significativas sobre capacidad aeróbica (3.98 mL/kg/min VO_{2pico}) (Ballesta García et al., 2019). Además, reportó mayores mejorías sobre capacidad aeróbica en comparación al entrenamiento continuo de moderada intensidad (1.15-1.46 mL/kg/min VO_{2pico}) (Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018).

Los 3 estudios analizaron efectos de la duración del HIIT sobre capacidad aeróbica (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). Se encontró que programas de intervención con HIIT ≤ 12 semanas obtuvieron una mayor mejoría ($p < 0.0001$) sobre VO_{2pico} que programas de intervención > 12 semanas (Ballesta García et al., 2019). Se observó que programas de intervención con HIIT entre 7 y 12 semanas obtuvieron una mayor mejoría ($p < 0.0001$) sobre VO_{2pico} que programas de intervención < 7 semanas ($p = 0.30$) y > 12 semanas ($p = 0.01$) (Hannan et al., 2018), aunque sin diferencias significativas ($p = 0.47$) entre subgrupos. Se reportó que programas de intervención de HIIT < 12 semanas no obtuvieron mejoras significativas ($p = 0.73$) sobre VO_{2pico} que entrenamientos con una duración > 12 semanas (Pattyn et al., 2018).



Por otra parte, protocolos del HIIT con intensidades muy altas (>90% FC_{pico}; >85% FC_{res}; >80% VO_{2pico}) reportaron mejoras sobre VO_{2pico} (p=0.004 vs p=0.06) en comparación a intensidades altas (<89% FC_{pico}; <84% FC_{res}; <79% VO_{2pico}), sin embargo no se encontraron diferencias significativas (p=0.55) entre subgrupos.

Además, no se encontraron diferencias significativas al comparar según frecuencia semanal (p=0.82; ≤2 vs 3-4 vs ≥5) (Ballesta García et al., 2019),

intensidad de recuperación entre intervalos (p=0.27, <65% VO_{2pico} vs ≥65% VO_{2pico}) (Ballesta García et al., 2019), tipo de recuperación (p=0.65, activa ≥20% VO_{2pico} vs pasiva <20% VO_{2pico}) (Ballesta García et al., 2019), tipos de ejercicio físico (caminar/correr vs ciclismo) utilizado (Pattyn et al., 2018), tiempo del intervalo (p=0.99, <4 min vs ≥4 min; p=0.71, <1 min vs 1-3min vs >4 min) (Ballesta García et al., 2019; Pattyn et al., 2018) y tiempo de recuperación entre intervalos (p=0.65, <3 min vs ≥3 min) (Ballesta García et al., 2019).

Tabla 2. Características y resultados de los estudios incluidos

REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS: Ballesta García I, Rubio Arias JA, Ramos Campo DJ, Martínez González-Moro I, Carrasco Poyatos M. High-intensity Interval Training Dosage for Heart Failure and Coronary Artery Disease Cardiac Rehabilitation. A Systematic Review and Meta-analysis. <i>Revista Española de Cardiología</i> . 2019; 72 (3): 233-243.			
OBJETIVOS: identificar las dosis más efectivas del HIIT en personas (rango edad media= 55-67 años) con EAC e insuficiencia cardíaca.			
MÉTODO: búsqueda de estudios desde enero de 2004 hasta marzo de 2017. CRITERIOS DE INCLUSIÓN: (1) RCTs publicados en español o inglés; y (2) que analicen efectos del protocolo de HIIT sobre capacidad aeróbica en personas con EAC o insuficiencia cardíaca. CALIDAD DE LOS ESTUDIOS: Moderada (5 estudios > 7/11, 4 estudios < 7/11. PEDro). FINANCIAMIENTO: Ninguno.			
Nº ESTUDIOS	RESULTADOS	CONCLUSIONES	
9 (n= 225 personas)	El HIIT reportó mejoras significativas sobre VO _{2pico} (MD 3.98 l/kg/min, I ² =0%, p<0.0001). Se encontraron mejoras significativas (p=0.05) sobre VO _{2pico} en intervenciones ≤ 12 semanas (MD 4.70 mL/kg/min, I ² =15%) en comparación a intervenciones > 12 semanas (MD 2.45 mL/kg/min, I ² =15%). No se encontraron diferencias significativas al comparar según frecuencia semanal (p=0.82; ≤2 vs 3-4 vs ≥5), intensidad de recuperación entre intervalos (p=0.27; <65% VO _{2pico} vs ≥65% VO _{2pico}), tipo de recuperación (p=0.65; activa ≥20% VO _{2pico} vs pasiva <20% VO _{2pico}), tiempo del intervalo (p=0.99; <4 min vs ≥4 min) y tiempo de recuperación entre intervalos (p=0.65; <3 min vs ≥3 min).	Evidencia fuerte que el HIIT presentó mejoras sobre capacidad aeróbica en personas adultas con EAC. En cuanto al principio FITT, intervenciones de HIIT ≤ 12 semanas reportaron mejoras sobre capacidad aeróbica en comparación a intervenciones >12 semanas. Si bien los otros elementos FITT no parecen afectar los efectos del HIIT sobre capacidad aeróbica, son necesarios más estudios que permitan llegar a conclusiones consistentes.	
FRECUENCIA/DURACIÓN	INTENSIDAD	TIPO	TIEMPO
2-5 sesiones semanales / 4-52 semanas	Intervalo: 80-100% VO _{2pico} Recuperación: no se especifica	No se especifica	Intervalo: 4-10 repeticiones x 1-4 minutos Recuperación: 4-10 períodos x 1-3 minutos
REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS: Pattyn N, Beulque R, Cornelissen V. Aerobic Interval vs. Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease or Heart Failure: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis with a Focus on Secondary Outcomes. <i>Sports Medicine</i> . 2018.			
OBJETIVOS: actualizar la revisión sistemática y meta-análisis original centrada en el consumo de oxígeno pico y evaluar los efectos sobre variables secundarias en personas (rango edad media= 55-63 años) con EAC.			
MÉTODO: búsqueda de estudios hasta marzo de 2017. CRITERIOS DE INCLUSIÓN: (1) RCTs o ensayos clínicos aleatorios que comparen HIIT con MICT; (2) con una duración de al menos 4 semanas; (3) en personas con EAC y/o insuficiencia cardíaca crónica; (4) informar la media (o cambio medio) y desviaciones estándar (o errores estándar) antes y después de la intervención del VO _{2pico} y variables secundarias: parámetros cardio-respiratorios, factores de riesgo cardiovascular, función cardíaca, función endotelial o calidad de vida; y (5) publicados en revistas revisadas por pares hasta marzo de 2017. CALIDAD DE LOS ESTUDIOS: Moderada (rango 8-13/14 TESTEX). FINANCIAMIENTO: Ninguno.			
Nº ESTUDIOS	RESULTADOS	CONCLUSIONES	
11 (n= 257 personas)	El HIIT reportó mejoras significativas sobre VO _{2pico} (MD 1.46 mL/kg/min; I ² =65%, p<0.001) en comparación al MICT. Protocolos del HIIT con intensidades muy altas (>90% FC _{pico} ; >85% FC _{res} ; >80% VO _{2pico}) reportaron mejoras sobre VO _{2pico} (p=0.004 vs p=0.06) en comparación a intensidades altas (<89% FC _{pico} ; <84% FC _{res} ; <79% VO _{2pico}), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas (p=0.55) entre subgrupos. No se encontraron diferencias significativas (p=0.71) sobre VO _{2pico} según diferentes tiempos del intervalo (<1 min; 1-3min; >4 min) del HIIT. No se encontraron diferencias significativas (p=0.11) sobre VO _{2pico} según diferentes tipos de ejercicio (caminar/correr vs ciclismo) utilizados en el HIIT. No se encontraron diferencias significativas (p=0.73) sobre VO _{2pico} según diferentes duraciones (<12 semanas vs >12 semanas) del HIIT.	Evidencia fuerte que el HIIT presentó mejoras en comparación al MICT sobre capacidad aeróbica en personas adultas con EAC. Intensidades muy altas (>90% FC _{pico} ; >85% FC _{res} ; >80% VO _{2pico}) del intervalo del HIIT obtuvieron una mayor mejora sobre capacidad aeróbica en comparación a intensidades altas (<89% FC _{pico} ; <84% FC _{res} ; <79% VO _{2pico}). No se encontraron mejoras sobre capacidad aeróbica al analizar según duración del entrenamiento, tiempo del intervalo y tipo de ejercicio físico utilizado en el HIIT.	
FRECUENCIA/DURACIÓN	INTENSIDAD	TIPO	TIEMPO
2-5 sesiones por semana / 4-16 semanas	Intervalos: 85-95% FC _{pico} , 80-95% FC _{res} , 89-110% PMP, 50% PWC, 80-90% VO _{2pico} Recuperación: 50-70% FC _{pico} , 35-70% FC _{res} , 10% PMP, 10% PWC, 50-60% VO _{2pico}	Caminar/correr (8 estudios), ciclismo (3), ergómetro para brazos (1) y escaladora (1)	Intervalo: 4-15 repeticiones x 0.5-4 minutos Recuperación: 4-15 períodos x 0.5-3 minutos



EAC: enfermedad de las arterias coronarias; $FC_{m\acute{a}x}$: frecuencia cardíaca máxima; FCR: frecuencia cardíaca de recuperación; FC_{res} : frecuencia cardíaca de reserva; HIIT: entrenamiento por intervalos de alta intensidad; I2: heterogeneidad; IM: infarto de miocardio; MD: diferencia media; MICT: entrenamiento continuo de moderada intensidad; : Escala de la Base de datos de Evidencia en Fisioterapia; PEF: programa de ejercicio físico; PMP: potencia máxima pico; PWC: capacidad máxima de trabajo; RC: rehabilitación cardíaca; RCT: ensayo controlado aleatorio; SMD: diferencia media estandarizada; TESTEX: Herramienta para la evaluación del estudio y reporte del ejercicio; VO_{2pico} : consumo de oxígeno pico.

Discusión

El objetivo de esta revisión fue analizar la eficacia del principio FITT en programas de intervención de HIIT sobre capacidad aeróbica en la RC de la EAC. El HIIT reportó mejoras significativas sobre VO_{2pico} en personas adultas con EAC, con mayores mejorías en comparación al entrenamiento continuo de moderada intensidad (Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). Las mejoras del HIIT fueron de 3.98 mL/kg/min VO_{2pico} (Ballesta García et al., 2019) y entre 1.15-1.46 mL/kg/min VO_{2pico} al comparar con el entrenamiento continuo de moderada intensidad (Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). La magnitud de estas diferencias resulta clínicamente relevante ya que por cada 1 mL/kg/min de incremento del VO_{2pico} se redujo un 15% el riesgo de mortalidad por toda causa y mortalidad cardiovascular en esta población (Pattyn et al., 2014). Otros estudios plantearon que un incremento de la capacidad aeróbica mayor a 3.5 mL/kg/min se asoció con un 10-25% de reducción en el riesgo de mortalidad por toda causa (Valkeinen et al., 2010). Estudios anteriores también han encontrado mejoras significativas del HIIT sobre capacidad aeróbica en la RC de personas con esta patología (Xie, Yan, Cai, & Li, 2017). Los mecanismos potenciales para mayores mejorías incluyen un aumento en el coactivador 1-alfa del receptor activado gamma del proliferador de peroxisoma (PGC-1 α), mejorando la función mitocondrial y aumentando la tasa máxima de re-captación de Ca^{2+} en el retículo sarcoplásmico (Wisløff et al., 2007).

En cuanto al principio FITT, en las intervenciones de los estudios incluidos se establecen diferentes protocolos del HIIT (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018; Pattyn et al., 2018). Los mejores resultados de la duración del entrenamiento sobre capacidad aeróbica se encontraron en programas de intervención con una duración entre 7 y 12 semanas en personas con EAC (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018). Hay que tener en cuenta que en estos estudios se analizaron menor cantidad de intervenciones con una duración mayor a 12 semanas en comparación a intervenciones con una duración menor a 12 semanas (Ballesta García et al., 2019; Hannan et al., 2018). Además, en los programas de intervención con una duración mayor a 12 semanas no se especificó la progresión del HIIT ni se evaluaron sus efectos, siendo un elemento importante de la duración del entrenamiento que puede influir en los resultados sobre capacidad aeróbica en esta población (Ballesta García et al., 2019).

Por otra parte, se encontraron mayores mejorías sobre capacidad aeróbica en programas de intervención de HIIT con una intensidad del intervalo muy alta ($>90\% FC_{pico}$ - $>80\% VO_{2pico}$) en comparación a programas de intervención de HIIT con una intensidad del intervalo alta ($<89\% FC_{pico}$ - $<79\% VO_{2pico}$) en personas con EAC (Pattyn et al., 2018). Estudios anteriores también han encontrado que intensidades muy altas ($>92\% FC_{pico}$) del HIIT presentaron mejoras sobre capacidad aeróbica en comparación a intensidades altas ($<88\% FC_{pico}$) en esta población (Moholdt et al., 2014). La intensidad del HIIT es



importante en la eficacia del entrenamiento sobre capacidad aeróbica en esta patología (Pattyn et al., 2018).

Respecto a los efectos de otros elementos FITT sobre capacidad aeróbica, no se encontraron mejoras entre diferentes frecuencias semanales (≤ 2 vs $3-4$ vs ≥ 5), intensidades de recuperación entre intervalos ($< 65\%$ $VO_{2\text{pico}}$ vs $\geq 65\%$ $VO_{2\text{pico}}$), tipo de recuperación (activa $\geq 20\%$ $VO_{2\text{pico}}$ vs pasiva $< 20\%$ $VO_{2\text{pico}}$) tiempos del intervalo (< 4 min vs ≥ 4 min) y tiempos de recuperación entre intervalos (< 3 min vs ≥ 3 min) (Ballesta García et al., 2019). Sin embargo, para todos estos elementos se analizaron poca cantidad de intervenciones (Ballesta García et al., 2019). Si bien los otros elementos FITT no parecen afectar los efectos del HIIT sobre capacidad aeróbica, son necesarios más estudios que permitan llegar a conclusiones consistentes.

Es imprescindible la supervisión y prescripción del HIIT de forma individual según las características clínicas y personales de cada persona (Conraads et al., 2013). La fase de RC o los antecedentes de ejercicio físico de cada persona son elementos importantes para establecer el comienzo del HIIT, contribuyendo con una prevención secundaria más efectiva en esta población (Cornish et al., 2011). A su vez, la decisión de la persona y su preferencia de participar en programas de intervención de HIIT es importante para la adherencia al entrenamiento, y por lo tanto, para una mayor motivación personal y una mayor efectividad del entrenamiento (Vromen et al., 2016).

Principales limitaciones

Encontramos como limitantes la búsqueda de estudios publicados en dos idiomas en una sola base de datos y el número reducido de estudios que cumplieron los criterios de inclusión. En cuanto a la información que presentan las revisiones sistemáticas y meta-análisis incluidos, se encuentra una gran variedad en los parámetros

de los protocolos de los entrenamientos y heterogeneidad alta en los resultados, por lo que las conclusiones que se puedan sacar a partir de este tipo de investigaciones en estos apartados deben ser tenidas con cautela.

Conclusiones

El HIIT presentó mejoras significativas sobre capacidad aeróbica en personas adultas con EAC. El HIIT con una duración entre 7-12 semanas y una intensidad superior a 90% FC_{pico} - 80% $VO_{2\text{pico}}$ reportaron mayores mejorías sobre capacidad aeróbica. Son necesarios más estudios que analicen los efectos de otros elementos FITT, como la intensidad y el tiempo del período de recuperación entre intervalos, que permitan identificar la prescripción del HIIT más beneficiosa en esta población. Además, son necesarios más estudios que examinen los efectos del HIIT sobre otras variables relevantes de la RC, evaluando la seguridad, progresión y sostenibilidad de este PEF en la prevención secundaria de esta patología.

Referencias

- Anderson, L., Oldridge, N., Thompson, D. R., Zwisler, A.-D., Rees, K., Martin, N., & Taylor, R. S. (2016). Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, *67*(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.044>
- Ballesta García, I., Rubio Arias, J. Á., Ramos Campo, D. J., Martínez González-Moro, I., & Carrasco Poyatos, M. (2019). High-intensity Interval Training Dosage for Heart Failure and Coronary Artery Disease Cardiac Rehabilitation. A Systematic Review and Meta-analysis. *Revista Española de Cardiología (English Ed.)*, *72*(3), 233–243.
<https://doi.org/10.1016/j.rec.2018.02.015>
- Billinger, S. A., Boyne, P., Coughenour, E., Dunning, K., & Mattlage, A. (2015). Does aerobic exercise and the FITT principle fit



- into stroke recovery? *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 15(2), 519.
<https://doi.org/10.1007/s11910-014-0519-8>
- Conraads, V. M., Van Craenenbroeck, E. M., De Maeyer, C., Van Berendoncks, A. M., Beckers, P. J., & Vrints, C. J. (2013). Unraveling new mechanisms of exercise intolerance in chronic heart failure: role of exercise training. *Heart Failure Reviews*, 18(1), 65–77.
<https://doi.org/10.1007/s10741-012-9324-0>
- Cornish, A. K., Broadbent, S., & Cheema, B. S. (2011). Interval training for patients with coronary artery disease: a systematic review. *European Journal of Applied Physiology*, 111(4), 579–589.
<https://doi.org/10.1007/s00421-010-1682-5>
- de Gregorio, C. (2018). Physical Training and Cardiac Rehabilitation in Heart Failure Patients. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1067, 161–181.
<https://doi.org/10.1007/5584>
- Elliott, A. D., Rajopadhyaya, K., Bentley, D. J., Beltrame, J. F., & Aromataris, E. C. (2015). Interval Training Versus Continuous Exercise in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. *Heart, Lung and Circulation*, 24(2), 149–157.
<https://doi.org/10.1016/j.hlc.2014.09.001>
- Gomes-Neto, M., Durães, A. R., Reis, H. F. C. Dos, Neves, V. R., Martinez, B. P., & Carvalho, V. O. (2017). 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. *European Journal of Preventive Cardiology*, 24(16), 1696–1707.
<https://doi.org/10.1177/2047487317728370>
- Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M., & Bosquet, L. (2012). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(7), 587–605.
<https://doi.org/10.2165/11631910-000000000-00000>
- Hannan, A. L., Hing, W., Simas, V., Climstein, M., Coombes, J. S., Jayasinghe, R., ... Furness, J. (2018). High-intensity interval training versus moderate intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *OPEN ACCESS JOURNAL OF SPORTS MEDICINE*, 9, 1–17.
<https://doi.org/10.2147/OAJSM.S150596>
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., ... Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035.
<https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
- Liou, K., Ho, S., Fildes, J., & Ooi, S.-Y. (2016). High Intensity Interval versus Moderate Intensity Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-analysis of Physiological and Clinical Parameters. *Heart, Lung & Circulation*, 25(2), 166–174.
<https://doi.org/10.1016/j.hlc.2015.06.828>
- Mezzani, A., Hamm, L. F., Jones, A. M., McBride, P. E., Moholdt, T., Stone, J. A., ... Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. (2013). Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *European Journal of Preventive Cardiology*, 20(3), 442–467.
<https://doi.org/10.1177/2047487312460484>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, T. P. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>



- Moholdt, T., Madssen, E., Rognmo, Ø., & Aamot, I. L. (2014). The higher the better? Interval training intensity in coronary heart disease. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*(5), 506–510.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.07.007>
- Montalescot, G., Sechtem, U., Achenbach, S., Andreotti, F., Arden, C., Budaj, A., ... Yildirir, A. (2013). 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease. *European Heart Journal, 34*(38), 2949–3003.
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz296>
- Pattyn, N., Beulque, R., & Cornelissen, V. (2018). Aerobic Interval vs. Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease or Heart Failure: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis with a Focus on Secondary Outcomes. *Sports Medicine, 48*(5), 1189–1205.
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0885-5>
- Pattyn, N., Coeckelberghs, E., Buys, R., Cornelissen, V. A. V. A., & Vanhees, L. (2014). Aerobic Interval Training vs. Moderate Continuous Training in Coronary Artery Disease Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *SPORTS MEDICINE, 44*(5), 687–700.
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0158-x>
- Ribeiro, P. A. B., Boidin, M., Juneau, M., Nigam, A., & Gayda, M. (2017). High-intensity interval training in patients with coronary heart disease: Prescription models and perspectives. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 60*(1), 50–57.
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.04.004>
- Riebe, D., Franklin, B. A., Thompson, P. D., Garber, C. E., Whitfield, G. P., Magal, M., & Pescatello, L. S. (2015). Updating ACSM's recommendations for exercise preparticipation health screening. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 47*(11), 2473–2479.
<https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000000664>
- Rognmo, Ø., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., & Slørdahl, S. A. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* [Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology, 11(3), 216–222.
<https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c>
- Shea, B. J., Reeves, B. C., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., ... Henry, D. A. (2017). AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ, 1–9*. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>
- Shea, B., Reeves, B., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., ... Henry, D. (2017). AMSTAR Checklist.
- Ugo, Piepoli, M. F., Carré, F., Heuschmann, P., Hoffmann, U., Verschuren, M., ... Schmid, J.-P. (2010). Secondary prevention through cardiac rehabilitation: physical activity counselling and exercise training: key components of the position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Heart Journal, 31*(16), 1967–1974.
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq236>
- Valkeinen, H., Aaltonen, S., & Kujala, U. M. (2010). Effects of exercise training on oxygen uptake in coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 20*(4), 545–555.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01133.x>
- Vromen, T., Kraal, J. J., Kuiper, J., Spee, R. F., Peek, N., & Kemps, H. M. (2016). The influence of training characteristics on the effect of aerobic exercise training in patients with chronic heart failure: A meta-



- regression analysis. *International Journal of Cardiology*, 208, 120–127.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.01.207>
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., ... Skjærpe, T. (2007). Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training Versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients. *Circulation*, 115(24), 3086–3094.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041>
- Woodruffe, S., Neubeck, L., Clark, R. A., Gray, K., Ferry, C., Finan, J., ... Briffa, T. G. (2015). Australian Cardiovascular Health and Rehabilitation Association (ACRA) core components of cardiovascular disease secondary prevention and cardiac rehabilitation 2014. *Heart, Lung & Circulation*, 24(5), 430–441.
<https://doi.org/10.1016/j.hlc.2014.12.008>
- World Health Organization. (2011). *Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control*. (S. Mendis, P. Puska, & B. Norrving, Eds.) (WHO). Geneva: World Health Organization, World Heart Federation, World Stroke Organization. Retrieved from https://www.who.int/cardiovascular_diseases/publications/atlas_cvd/en/
- World Health Organization. (2016a). Cardiovascular diseases 2016. Retrieved April 1, 2019, from [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- World Health Organization. (2016b). WHO | Top 10 causes of death 2016. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Xie, B., Yan, X., Cai, X., & Li, J. (2017). Effects of High-Intensity Interval Training on Aerobic Capacity in Cardiac Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis. *BioMed Research International*, 2017, 1–16.
<https://doi.org/10.1155/2017/5420>