

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SALUD INTEGRAL Y MOVIMIENTO HUMANO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MOVIMIENTO HUMANO Y CALIDAD DE VIDA

**EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA
INTENSIDAD SOBRE LA CAPACIDAD
CARDIORRESPIRATORIA DE SUJETOS CON DIFERENTES
NIVELES DE ACTIVIDAD FÍSICA: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA CON META-ANÁLISIS**

Fernando Esteban Montero Mora

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con mención en Salud, para optar por el título de Magister Scientiae

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Lagunilla, Heredia

2024

EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD SOBRE LA
CAPACIDAD CARDIORRESPIRATORIA DE SUJETOS CON DIFERENTES NIVELES DE
ACTIVIDAD FÍSICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA CON META-ANÁLISIS

Fernando Esteban Montero Mora

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en salud, para optar al grado de Magister Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.

Heredia, Costa Rica.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dr. Randall Gutiérrez Vargas/Dra. Damaris Castro García/Dr. Jorge Herrera Murillo/Dr. José Vega Baudrit/ Dr. Greivin Rodríguez Calderón/Dra. Rocío Castillo Cedeño/Dr. Jorge Salas Cabrera
Representante del Consejo Central de Posgrado

Ed.D. Irina Anchía Umaña
Coordinación del posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano

M.Sc. José Andrés Trejos Montoya
Tutor de tesis

Dr. Gerardo Araya Vargas
Miembro del Comité Asesor

Dr. Luis Solano Mora
Miembro del Comité Asesor

Fernando Esteban Montero Mora
Sustentante

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en Salud, para optar al grado de Magister Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Resumen

*El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) ha ganado mucho terreno en la década previa al presente estudio, aumentando su prescripción y la producción científica que desarrolla este método, haciendo necesario consensuar las diversas evidencias. El propósito del estudio fue determinar mediante una revisión sistemática con meta-análisis, el efecto de diferentes protocolos HIIT en sujetos sanos con distintos niveles de actividad física (sedentario, físicamente activo y atleta), sobre su capacidad cardiorrespiratoria (CC). **Metodología:** se buscó de manera electrónica en las bases de datos Academic Search Ultimate, Web of Science, Scopus, SportDiscus y PubMed. Tras aplicar filtros según criterios de inclusión, se seleccionó 39 artículos con los que se realizó la revisión sistemática y meta-análisis. **Resultados:** la aplicación del HIIT en población saludable de distintos niveles de actividad física, entre 18 y 45 años de edad, mejoró su CC ($VO_2máx$) un 15.91% (ganancia percentil entre pre y post HIIT). Quienes no hicieron HIIT tuvieron 0% de cambio y CC media 15.54% menor que los grupos que hicieron HIIT. No se encontró evidencia de heterogeneidad relevante en los resultados de los meta-análisis realizados (intra y entre grupos). Por tanto, no hubo indicios de variables moderando los resultados. Sin embargo, mediante análisis subgrupos se observó que los efectos del HIIT en la CC en personas inicialmente activas no son tan claros pues su diferencia con respecto a los controles no fue estadísticamente significativa, aunque sí mejoraron igual que los sedentarios y los atletas **Conclusiones:** el efecto del entrenamiento HIIT sobre la CC de sujetos sanos de distintos niveles de actividad física inicial, es positivo y estadísticamente significativo, pero los resultados de sujetos inicialmente sedentarios o de atletas, fueron más claros que los de sujetos activos cuyas mejoras deben ser tomadas con cierta reserva. **Recomendaciones:** pese a los hallazgos, se debe tomar con cautela la aplicación del HIIT, al faltar evidencias de sus efectos a largo plazo, especialmente en personas sedentarias. Programas efectivos de HIIT deben ser de mínimo dos semanas con tres a cuatro sesiones por semana con intensidades de 80-85% de frecuencia cardíaca máxima o del $VO_2máx$.*

Abstract

High-Intensity Interval Training (HIIT) has gained significant traction in the decade prior to the present study, increasing both its prescription and the scientific production developing this method, making it necessary to consolidate various pieces of evidence. The purpose of the study was to determine, through a systematic review with meta-analysis, the effect of different HIIT protocols on healthy subjects with varying levels of physical activity (sedentary, physically active, and athlete) on their cardiorespiratory capacity (CR). Methodology: an electronic search was conducted in the databases Academic Search Ultimate, Web of Science, Scopus, SportDiscus, and PubMed. After applying filters according to inclusion criteria, 39 articles were selected for systematic review and meta-analysis. Results: the application of HIIT in a healthy population of different levels of physical activity, aged 18 to 45 years, improved their CR (VO₂max) by 15.91% (percentile gain between pre and post-HIIT). Those who did not perform HIIT had 0% change and a CR that was 15.54% lower on average than the groups that did HIIT. No relevant heterogeneity was found in the results of the performed meta-analyses (intra and intergroup). Therefore, there were no indications of variables moderating the results. However, subgroup analysis showed that the effects of HIIT on CR in initially active individuals are not as clear since their difference from the controls was not statistically significant, although they did improve similarly to the sedentary individuals and athletes. Conclusions: the effect of HIIT on the CR of healthy subjects with different initial levels of physical activity is positive and statistically significant, but the results for initially sedentary or athletic subjects were clearer than those for active subjects, whose improvements should be taken with some caution. Recommendations: despite the findings, the application of HIIT should be approached with caution due to the lack of evidence of its long-term effects, especially in sedentary individuals. Effective HIIT programs should last a minimum of two weeks with three to four sessions per week at intensities of 80-85% of maximum heart rate or VO₂max.

Agradecimiento

Al personal docente y administrativo del programa de Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano y a la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida de la Universidad Nacional. Agradecimiento especial al Dr. Gerardo Araya Vargas por su excelente labor hacia la persona estudiante.

Dedicatoria

A mi madre quien con mucho amor siempre me apoyó y motivó a ser mejor.

Índice

Capítulo I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento y delimitación del problema	1
2. Justificación.....	1
3. Objetivos	4
a. Objetivo general	4
b. Objetivos específicos.....	5
Capítulo II	6
MARCO CONCEPTUAL.....	6
Capítulo III	15
METODOLOGÍA	15
1. Tipo de estudio	15
2. Criterios de elegibilidad	15
3. Búsqueda literaria.....	16
4. Selección de estudios y codificación de la información	16
5. Variables a estudiar	16
5.1 Variable dependiente:.....	16
5.2 Variable independiente.....	16
5.3 Variables moderadoras	17
6. Análisis estadísticos	17
Capítulo IV	20
RESULTADOS	20
Calidad de los estudios.....	21
Meta-análisis intragrupos: datos de participates en HIIT.....	25
Síntesis general de resultados del estudio meta-analítico	32
Capítulo V	34
DISCUSIÓN.....	34
Limitaciones	40
Capítulo VI.....	41
CONCLUSIONES	41
Capítulo VII.....	42

RECOMENDACIONES42
REFERENCIAS44
ANEXOS.....61

Lista de tablas

Tabla	Página
Tabla 1. Características de las revisiones sistemáticas y meta-análisis previos sobre HIIT y CC.	13
Tabla 2. Resumen de las características de los estudios encontrados.	22
Tabla 3. Caracterización de los criterios PEDro de los estudios	25
Tabla 4. Resumen de resultados de los meta-análisis realizados	32

Lista de figuras

Figura	Página
Figura 1. Flujograma de la revisión sistemática.	20
Figura 2. Gráfico de bosque. Meta-análisis intragrupos. Grupos de ejercicio HIIT	26
Figura 3. Gráfico de bosque. Análisis subgrupo según nivel de actividad física de participantes en ejercicio HIIT	27
Figura 4. Gráfico de embudo con ajuste trim and fill. Meta-análisis de grupos de ejercicio HIIT	28
Figura 5. Gráfico de bosque. Meta-análisis intragrupos. Grupos control	29
Figura 6. Gráfico de bosque. Meta-análisis entregrupos	30
Figura 7. Gráfico de embudo. Meta-análisis entregrupos	31
Figura 8. Gráfico de bosque. Análisis subgrupo según nivel de actividad física de grupos experimentales y controles	31

Lista de abreviaturas

Nombre	Abreviatura
Entrenamiento interválico de alta intensidad	HIIT
Capacidad cardiorrespiratoria	CC
Consumo máximo de oxígeno	VO ₂ máx
Consumo de oxígeno pico	VO ₂ pico
Sprint Interval Training	SIT
Tamaño de efecto	TE
Tamaño del efecto sin corregir	TEs
Tamaño de efecto corregido	TEc
Tamaño del efecto promedio ponderado	TEpp
El estadístico de heterogeneidad total	QB
Nivel de actividad física	NAF
Frecuencia cardiaca	FC
Segundos	s

Descriptores

Ejercicio físico, capacidad cardiorrespiratoria, consumo máximo de oxígeno, entrenamiento interválico de alta intensidad, meta-análisis, revisión sistemática.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento y delimitación del problema

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés), tiene por objetivos mejorar la capacidad cardiorrespiratoria (CC), así como el rendimiento físico en general (Murawska et al., 2021). La evidencia científica disponible describe mejoras comparables o superiores en el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), frecuencia cardiaca (FC) y presión arterial (PA) respecto a los métodos tradicionales, como el entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT, por sus siglas en inglés) (Trejos y Araya, 2019; Ramírez et al., 2019). Además, se ha demostrado que la aplicación del HIIT es segura y efectiva en poblaciones adultas sanas (Kilen et al., 2014), personas con enfermedad (Kuo et al., 2020) y deportistas (Milanović et al., 2015; Ramírez et al., 2019).

La aplicación del método HIIT es variada y distintos protocolos han demostrado ser efectivos en generar aumentos significativos en la CC (Hebisz et al., 2016; Yang et al., 2017). No obstante, el efecto que produce esta metodología de entrenamiento según el nivel de actividad física (sedentarios, físicamente activos o atletas) en las personas aún no ha sido descrito de forma meta-analítica.

Problema de Investigación

Lo anteriormente expuesto origina la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto del HIIT sobre la CC en sujetos sanos según su nivel de actividad física?

2. Justificación

El método HIIT se desarrolla mediante períodos de ejercicio de alta intensidad intercalados con descansos cortos de baja intensidad o descanso total (Gayda et al., 2016). Existen varios tipos de HIIT, el de duración larga con intervalos de 3 a 15 minutos y una intensidad entre 85% y 90% $VO_{2m\acute{a}x}$, el de intervalos medios o moderados que van de 1 a 3 minutos con intensidades entre el

95% y 100% del $\text{VO}_2\text{máx}$ y el de intervalos cortos que se dan entre 10 segundos a 1 minuto con intensidades del 100% hasta el 120% de $\text{VO}_2\text{máx}$ (Gibala et al., 2012; Buchheit, y Laursen, 2013). La intensidad también se puede determinar mediante porcentajes de frecuencia cardiaca máxima (FC máx) o según la escala de Borg para este tipo de entrenamiento (Prasertsri y Padkao, 2021).

Tradicionalmente se ha prescrito MICT utilizando métodos cíclicos, continuos y uniformes de intensidad moderada que usualmente resultan monótonos y aburridos para algunas poblaciones (Grisalez et al., 2021). No obstante, en la última década el HIIT ha ganado popularidad por su aplicación para mejorar la salud (Naves et al., 2019). La literatura científica ha demostrado que el HIIT es bien recibido, seguro y factible, como por ejemplo en un estudio realizado con 60 mujeres con enfermedad cardiovascular (Way et al., 2020). Además, es percibido como más agradable que el MICT (Bartlett et al., 2011).

La sensación de ser más agradable podría deberse a que el HIIT se caracteriza por un menor volumen de entrenamiento, mayor dinamismo y variabilidad en su aplicación, evidenciando una mejora en la adherencia en los usuarios debido a su eficiencia y menor tiempo de ejecución (Vieira et al., 2019). De acuerdo con algunos autores, el grado de adherencia se ve más afectado por el tipo, la duración y el tiempo total dedicado al entrenamiento y no por la intensidad de este (Tylor et al., 2021). De la misma manera, se ha reportado que el HIIT muestra adherencia incluso a largo plazo en pacientes de rehabilitación cardiaca (Aamot et al., 2016).

Sumado a la mayor adherencia, algunos estudios con protocolos HIIT han descrito resultados iguales o incluso superiores al MICT en variables como el $\text{VO}_2\text{máx}$, fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), presión arterial (PA), calidad de vida y aptitud física (Benda et al., 2015; Trejos y Araya, 2019). En cuanto a las adaptaciones musculares, se han reportado aumentos en la capacidad enzimática oxidativa y el contenido mitocondrial después del HIIT en comparación con el MICT (Atakan et al., 2021), independientemente del estrés celular y las señales metabólicas resultantes de la biogénesis mitocondrial, producto de la intensidad del ejercicio (MacInnis y Gibala, 2017).

En cuanto a los efectos propiamente en poblaciones sedentarias sanas, el trabajo meta-analítico de Milanović et al. (2015) analizó el efecto en el VO_2 máx de dos tipos de entrenamiento (HIIT y MICT) en sujetos sedentarios concluyendo que el entrenamiento HIIT tenía un efecto mayor pero pequeño en la mejora del VO_2 máx afirmando que estas comparaciones tienden a dar como resultado efectos significativamente mayores para el HIIT en el aumento del VO_2 máx. De igual forma, esto se ha observado en mujeres sedentarias (De Revere et al., 2021) y en estudiantes universitarios sedentarios (Lan et al., 2022).

En este mismo sentido, un estudio realizado en personas con sobrepeso u obesidad (Gripp et al., 2021), demostró superioridad del HIIT sobre el MICT en cuanto a indicadores de salud cardio metabólicos. Al respecto, se encontró que el HIIT mejoró 8 indicadores (VO_2 máx, índice de masa corporal, grasa corporal, grasa visceral, presión arterial sistólica, colesterol total, glucosa en ayuno y triglicéridos); mientras que el MICT mejoró únicamente cuatro (VO_2 máx, índice de masa corporal, grasa corporal, grasa visceral) luego de 8 semanas de entrenamiento. Sumado a esto, luego de 4 semanas de desentrenamiento se observó que los resultados del HIIT perduraban más tiempo, mientras que con el MICT los tres indicadores que mejoraron se revirtieron.

Por su parte, en sujetos entrenados se ha demostrado que seis semanas de entrenamiento HIIT mejoran el VO_2 máx en sujetos de deportes donde predomina la capacidad aeróbica y en hombres y mujeres moderadamente entrenados (Paquette et al., 2017; Schubert et al., 2017). Otro estudio que involucró mujeres corredoras recreativas entrenadas, comparó un grupo que entrenó HIIT corriendo sobre césped con otro que lo realizó en cicloergómetro, obteniéndose únicamente un aumento significativo del VO_2 máx en las mujeres que realizaron HIIT (Mallol et al., 2020).

En cuanto a atletas de alto rendimiento, un estudio obtuvo un aumento significativo del VO_2 máx en jugadores de fútbol gaélico que entrenaron con un protocolo de sprints de 50 metros con descansos activos (Kelly et al., 2021). Otro estudio con deportistas de remo, encontraron mejoras significativas mayores en el VO_2 máx de quienes entrenaron con HIIT versus quienes entrenaron largas distancias a baja velocidad (Ní Chéilleachair et al., 2017). No obstante, otros resultados difieren con los anteriores. Por ejemplo, en el estudio realizado en corredores de media y larga distancia ninguno de ellos obtuvo cambios significativos en el VO_2 máx tras 4 semanas de

entrenamiento con dos sesiones de HIIT a diferentes intensidades de trabajo (Ortiz et al., 2006). Se llegó a la misma conclusión luego de realizar un estudio con dos grupos de corredores de fondo donde un grupo entrenó realizando HIIT corriendo cuesta arriba mientras que el otro corría en plano (Ferley et al., 2013).

A partir de la información anterior, se evidencia que existe una variedad de protocolos HIIT aplicados a poblaciones sedentarias, físicamente entrenadas y deportistas, por lo que tomar en consideración el estado físico de las personas participantes en el momento de diseñar un programa de estas características es relevante, como se puede observar en las diferentes implementaciones de la evidencia consultada (De Revere et al., 2021; Milanović et al., 2015; Paquette et al., 2017; Saanijoki et al., 2015). Por ejemplo se puede observar divergencia en los trabajos donde obtuvo aumento en el VO_2 máx con la implementación de HIIT con periodos cortos de carga (15 series de 30 segundos a 90-95% de la frecuencia cardiaca máxima) y periodos de recuperación amplios (1 minuto descanso total) (Arboleda et al., 2019); mientras que también se ha reportado un aumento en el VO_2 máx en programas de intervalos de menor densidad (4 series de 30 segundos al máximo esfuerzo) y periodos de recuperación muy amplios [4 minutos descanso activo] (Kavaliauskas et al., 2017).

Debido a esto, el propósito del presente estudio fue determinar mediante una revisión sistemática con meta-análisis el efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la CC en sujetos con diferentes niveles de actividad física (sedentario, físicamente activo y atleta).

3. Objetivos

a. Objetivo general

Determinar mediante una revisión sistemática con meta-análisis, el efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), sobre la capacidad cardiorrespiratoria (CC) de sujetos con diferentes niveles de actividad física (sedentario, físicamente activo y atleta).

b. Objetivos específicos

- a. Estimar los tamaños de efecto del HIIT sobre la CC (medida como consumo máximo de oxígeno o consumo de oxígeno pico), según el nivel de actividad física de los participantes de los estudios.
- b. Analizar el posible sesgo de publicación de los resultados del meta-análisis.
- c. Examinar la homogeneidad de los resultados del meta-análisis.
- d. Analizar los posibles efectos de variables moderadoras en los resultados del meta-análisis.

4. Palabras clave

Entrenamiento HIIT

Entrenamiento interválico de alta intensidad implica la realización de varias series de ejercicios a alta intensidad separados por una recuperación usando actividades de baja intensidad o inactividad (Chidnok et al., 2020; Lu et al., 2021).

Capacidad cardiorrespiratoria

Se refiere a la capacidad del cuerpo humano para suministrar oxígeno a los músculos esqueléticos durante una actividad sostenida y aumenta con la actividad física regular (Christensen et al., 2021).

Consumo máximo de oxígeno

Capacidad del cuerpo para absorber, transportar, liberar y usar el oxígeno (Nurhasanah y Wahyudati, 2020) siendo el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), una de las mejores maneras de medir el rendimiento de la aptitud cardiorrespiratoria (Angoorani et al., 2021).

Capítulo II

MARCO CONCEPTUAL

Aptitud física

Definida como la habilidad para realizar un trabajo físico diario de manera efectiva y con precisión, retardando la aparición de la fatiga, buscando la máxima eficacia y evitando las lesiones (Martínez, 2002). Particularmente actividades que demandan capacidades cardiorrespiratorias (Lopategui, 2001). Esta incluye la aptitud cardiorrespiratoria, la aptitud musculoesquelética (fuerza, potencia, resistencia y flexibilidad) y los niveles de adiposidad (Doyon et al., 2021). Otros autores incluyen además de los ya mencionados la flexibilidad, el equilibrio, la agilidad, la coordinación, el tiempo de reacción y la potencia (Santana et al., 2017).

La aptitud física es un importante indicador de salud y está fuertemente asociado a la mortalidad y el cáncer independientemente de la obesidad y el nivel de actividad física (Tomkinson et al., 2018), además no solo es un indicador de salud, también mejores niveles de aptitud física fueron hallados en deportistas de élite comparados con deportistas de menor rendimiento según los hallazgos de la revisión sistemática con meta-análisis de Lambrich y Muehlbauer (2022).

El ejercicio físico practicado regular y sistemáticamente da como resultado el mejoramiento de la aptitud física y motriz, una mayor aptitud física en los adultos se correlaciona con una mejor salud, un mejor estado de ánimo, una mejor autoestima y, por extensión, mejor calidad de vida y la mala aptitud física es un factor de riesgo independiente para la muerte prematura (Meneses y Monge, 1999; Orland et al., 2021; Wu et al., 2024).

Los componentes de la aptitud física: aptitud cardiorrespiratoria, la fuerza muscular y la habilidad motora, pueden tener diferentes efectos beneficiosos incluso en el cerebro mejorando los procesos de pensamiento (Santana et al., 2017) asociado con volúmenes más altos de estructuras subcorticales del cerebro (Ortega et al., 2019). Mientras que los bajos niveles de aptitud física están asociados con una salud física y mental deficiente. (Wouters et al., 2020).

En términos de edad la aptitud física en la niñez se muestra muy importante para la salud pública (Vaccari et al., 2021), en los adultos mayores una mayor aptitud física se correlaciona con una mejor salud, un estado de ánimo mejorado, una mayor autoestima y, por extensión, una mejor calidad de vida (Orland et al., 2021).

Capacidad cardiorrespiratoria

La capacidad cardiorrespiratoria (CC) es un indicador objetivo de actividad física y una útil herramienta de capacidad pronóstica y diagnóstica de pacientes en entornos clínicos y está directamente relacionada con el sistema cardiovascular, respiratorio, musculoesquelético además de ser ampliamente considerada como uno de los mejores indicadores del estado de salud (Pepera et al., 2022). La CC está principalmente determinada por los sistemas que transportan y utilizan el oxígeno, incluyendo el sistema respiratorio (captación de oxígeno de la atmósfera), el corazón (transporte de oxígeno), la vascularización periférica (transporte de oxígeno, perfusión tisular, difusión tisular), y el músculo esquelético (extracción y utilización de oxígeno) (Dun et al., 2019).

Resumido e interpretado por Ross et al (2016), la CC es la capacidad integrada para transportar oxígeno desde la atmósfera hasta las mitocondrias para realizar trabajo físico. Por lo tanto, cuantifica la capacidad funcional de un individuo y depende de una cadena interrelacionada de procesos que incluyen la ventilación y difusión pulmonar, la función ventricular derecha e izquierda (tanto sístole como diástole), el acoplamiento ventrículo-arterial, la capacidad del sistema vascular para acomodar y transportar eficientemente la sangre desde el corazón para satisfacer precisamente los requerimientos de oxígeno, y la capacidad de las células musculares para recibir y utilizar el oxígeno y los nutrientes suministrados por la sangre, así como para comunicar estas demandas metabólicas al centro de control cardiovascular.

Una CC disminuida se asocia con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, así como es inversamente asociado con depresión y riesgo de ansiedad (Crowley et al., 2020). Estudios en epidemiología han indicado una asociación inversa entre la aptitud cardiorrespiratoria y la

enfermedad cardíaca coronaria o la mortalidad por todas las causas en personas sanas (Kodama et al., 2009). También está asociada con tasas de mortalidad atribuibles a varios tipos de cáncer, especialmente de mama y del colon o tracto digestivo (Ross et al., 2016). Sin embargo la CC puede generar beneficios protectores independientes contra la mortalidad por todas las causas en adultos diagnosticados con cáncer, además el uso de la CC como parámetro pronóstico podría ayudar a determinar el riesgo de futuros eventos clínicos adversos. (Ezzatvar et al., 2021)

Los niveles altos de CC se asocian con un buen índice de salud, y los niveles bajos con diversas enfermedades cardiovasculares, a pesar de ello el ejercicio físico parece que sigue disminuyendo con el pasar del tiempo (Bahls et al., 2021). El control de la CC adquiere gran importancia para la prevención de enfermedades (Petersen et al., 2021). Sin embargo, esto no parece estar siendo abordado ya que a nivel mundial hay prevalencia de bajos niveles de CC entre adolescentes con una media de 46% en mujeres y 33% en hombres y aumentando cada año (Guijarro et al., 2020). Precisamente el ejercicio físico tiene un papel muy importante en este apartado ya que se ha demostrado que el ejercicio aeróbico es útil y eficaz para aumentar aptitud cardiorrespiratoria en adultos y niños (White et al., 2016).

Consumo máximo de oxígeno

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo consume por unidad de tiempo mientras realiza el ejercicio de intensidad creciente y que no puede incrementarse más con un aumento adicional de la intensidad. Es el mejor indicador de la capacidad aeróbica del organismo, es decir, las capacidades funcionales de los sistemas cardiovascular y respiratorio, así como la capacidad de los tejidos para utilizar oxígeno. Es el mejor indicador de la capacidad física del deportista (Rankovic et al., 2010). El $VO_{2m\acute{a}x}$, es ampliamente aceptado como la mejor medida individual de aptitud cardiovascular y capacidad aeróbica máxima (Curcic et al., 2017).

En la literatura científica, un aumento en el $\dot{V}O_{2max}$ es el método más común para demostrar un efecto del entrenamiento y se utiliza frecuentemente en el desarrollo de la prescripción de ejercicio físico (Bassett y Howley, 2000). Las mediciones directas del consumo de

oxígeno (VO_2) durante el trabajo máximo proporcionan el valor más preciso para este parámetro no obstante son técnicamente exigentes y requieren acceso a equipos de laboratorio costosos y personal capacitado. Como consecuencia, se han desarrollado procedimientos alternativos en los que se estima el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ a partir de respuestas fisiológicas durante el ejercicio submáximo (Uth et al., 2004).

Según el principio de Fick, el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ puede obtenerse multiplicando el gasto cardiaco por la diferencia arteriovenosa de oxígenos (Uth et al., 2004). Sin embargo, actualmente se realizan mediciones directas del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ a través de una prueba de ejercicio graduado, que requiere ejercicio hasta el agotamiento voluntario, con el análisis del aire exhalado del individuo (Bennett y Slattery, 2019).

Las adaptaciones del entrenamiento físico en el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ se atribuyen principalmente a la variación en el volumen sistólico máximo (y gasto cardíaco), mismo relacionado, después de varias semanas de entrenamiento de resistencia cardiovascular, a adaptaciones hematológicas inducidas por el ejercicio contribuyendo al aumento del volumen sistólico y a la disminución de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio submáximo (MacInnis y Gibala, 2017). Es decir, deriva de una la unión de adaptaciones observadas con frecuencia en los sistemas cardiovascular, hematológico y metabólico (Montero et al., 2015).

Entrenamiento aeróbico

El entrenamiento aeróbico es aquel ejercicio físico planificado que se realiza a intensidad moderada en periodos extensos, manteniendo una frecuencia cardíaca elevada y que mejora la capacidad del sistema circulatorio de absorber y transportar el oxígeno (Varghese, 2022). Además, demanda fundamentalmente el metabolismo oxidativo para la obtención de energía siendo entonces característico de este ejercicio la larga duración y baja a moderada intensidad (Fernández, 2011). En cuanto a sus efectos, se ha demostrado que el entrenamiento aeróbico mejora significativamente los valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Bennett y Slattery, 2019; López y Fernández, 2010).

La capacidad aeróbica es uno de los principales indicadores de la condición física. Se refiere a la habilidad de una persona para realizar una actividad física de manera prolongada (Gálvez et al., 2015). Es fundamental para la salud y el bienestar general, siendo una alta capacidad aeróbica asociada con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, hipertensión y diabetes tipo 2 (American Heart Association, 2020). Además, mejora la eficiencia del sistema cardiovascular, permitiendo que el corazón bombee sangre con mayor eficacia y reduciendo el esfuerzo necesario para realizar actividades físicas diarias (Blair et al., 1995). También está vinculado a mejoras en la salud mental, así lo indican estudios que han demostrado que el ejercicio aeróbico regular puede reducir los síntomas de depresión y ansiedad, mejorar la calidad del sueño y aumentar el bienestar general (Mammen y Faulkner, 2013).

Varios factores pueden influir en la capacidad aeróbica de una persona. Entre los más significativos se encuentran la edad, el género, la genética y el nivel de actividad física. Con la edad, la capacidad aeróbica tiende a disminuir debido a la reducción en la masa muscular y la eficiencia del sistema cardiovascular (Tanaka y Seals, 2008). El género también juega un papel importante, ya que los hombres generalmente tienen una capacidad aeróbica mayor que las mujeres debido a diferencias en la masa muscular y los niveles de hemoglobina (Shephard, 2000). La genética es otro factor crucial, ya que determina en gran medida el potencial máximo de VO_2 máx de una persona. Sin embargo, independientemente de la genética, el nivel de actividad física sigue siendo el factor más controlable, siendo las personas que participan regularmente en ejercicios aeróbicos como correr, nadar o andar en bicicleta tienden a tener una mayor capacidad aeróbica en comparación con aquellas que llevan un estilo de vida sedentario (Bouchard et al., 1999).

Mantener un alto grado de aptitud aeróbica puede mejorar el rendimiento deportivo, mejorar la capacidad de recuperación y además de tener implicaciones positivas para la salud (Bennett y Slattery, 2019). La adaptación más importante es la mejora del gasto cardíaco máximo, que es el resultado de un aumento de la dimensión cardíaca, una mejor contractilidad y un aumento del volumen sanguíneo, lo que permite un mayor llenado de los ventrículos y, en consecuencia, un mayor volumen sistólico. Paralelamente al mayor gasto cardíaco máximo, aumenta la capacidad de perfusión del músculo, lo que permite un mayor aporte de oxígeno (Hellsten y Nyberg, 2015).

El entrenamiento aeróbico mejora el sistema respiratorio y la eficacia del metabolismo aeróbico (Kent, 2003).

Mejorar la capacidad aeróbica requiere un enfoque sistemático y consistente. El entrenamiento de resistencia es una de las formas más efectivas para aumentar el VO_2 máx. Esto implica ejercicios como correr, nadar, andar en bicicleta y otras actividades que elevan la frecuencia cardíaca durante períodos prolongados (Wisløff et al., 2009). El entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) también ha demostrado ser extremadamente eficaz para mejorar la capacidad aeróbica. HIIT combina breves períodos de ejercicio intenso con períodos de descanso o ejercicio de baja intensidad. Este tipo de entrenamiento no solo mejora el VO_2 máx, sino que también puede ser más eficiente en términos de tiempo (Gibala y McGee, 2008).

Entrenamiento interválico de alta intensidad

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) se desarrolla realizando períodos de ejercicio de alta intensidad (definida desde escalas de esfuerzo percibido, frecuencia cardíaca, estimaciones respecto al VO_2 máx, VO_2 pico, entre otros) intercalados con períodos de descansos cortos que pueden ser ejercicio de baja intensidad o descanso total. El descanso debe estar muy bien definido y planificado, el mismo puede hacerse mediante el uso de frecuencia cardíaca o valores de consumo de oxígeno (Gibala et al., 2012; Gayda et al., 2016; Trejos y Araya, 2019).

Es decir, el entrenamiento HIIT se describe como ejercicio físico planificado realizado mediante ráfagas breves e intermitentes de actividad física potente o fuerte que serán alternadas con descansos totales (inactividad absoluta) o ejercicios de baja intensidad como trotar, caminar o ejecutar remo, cicloergómetro a muy baja intensidad [descansos activos] (Gayda et al., 2016). Los intervalos de actividad pueden ir desde los tres a los 15 min, siendo estos denominados intervalos largos, a intensidades del 85% al 90% del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), intervalos medios o moderados, con duración de 1 a 3 min desde el 95% al 100% del VO_2 máx y por último los intervalos cortos que van de los diez segundos a un minuto con intensidades entre el 100% y 120% de VO_2 máx (Gibala et al., 2012; Prasertsri y Padkao, 2021).

Las variables de este método de entrenamiento lo determinan como una estrategia alternativa muy eficiente por el tiempo de ejecución que implica demostrando mejoras similares o superiores en la capacidad cardio respiratoria comparada a los métodos continuos tradicionales (Liu et al., 2021). Incluso a nivel de actividad física de alto rendimiento se valora la necesidad de invertir menos en actividades de entrenamiento de larga duración debido a las limitaciones de tiempo y realizar actividades más adecuadas para las necesidades reales de competición actuales (Byrd et al., 2019).

La evidencia científica es sólida al demostrar que el HIIT provoca un aumento significativo en el VO_2 máx y la oxidación de grasas, reduciendo los riesgos para la salud en comparación con los métodos de entrenamiento continuos de baja intensidad, los aumentos en VO_2 máx son frecuentemente superiores en respuesta al HIIT a pesar del menor volumen de entrenamiento (De Revere et al., 2021). El entrenamiento interválico de alta intensidad y bajo volumen ha sido promovido como un estímulo más eficiente (por su duración menor) y similar o más potente que el entrenamiento continuo de intensidad moderada (Schubert et al., 2017).

Los beneficios del HIIT pueden atribuirse a varias adaptaciones fisiológicas ya que durante los períodos de alta intensidad, el cuerpo experimenta un aumento significativo en la demanda de oxígeno, lo que lleva a una mejora en la capacidad de transporte y utilización de oxígeno. Este aumento en la demanda de oxígeno también promueve la biogénesis mitocondrial, mejorando la eficiencia energética de las células musculares (Buchheit y Laursen, 2013). Además, el HIIT induce cambios positivos en la composición corporal. Estudios previos mencionan que el HIIT es efectivo para reducir la grasa corporal total y visceral. Este tipo de entrenamiento también puede mejorar la sensibilidad a la insulina y el perfil lipídico, factores cruciales para la prevención de enfermedades metabólicas (Jelleyman et al., 2015).

Revisiones y meta-análisis previos

La tabla 1 presenta un cuadro con los principales hallazgos meta-analíticos previos del efecto del HIIT en la CC.

Tabla 1*Características de las revisiones sistemáticas y meta-análisis previos sobre HIIT y CC*

Autor (año)	Objetivo	Población	n	Variables analizadas	Conclusiones
Bacon et al. (2013)	Explorar la hipótesis de que todos los sujetos pueden mostrar mejoras marcadas en el VO ₂ máx si se utilizan programas de entrenamiento que incluyan períodos de ejercicio de alta intensidad (~90% del VO ₂ máx).	Personas sanas sedentarios o físicamente activos, <45 años.	37	Cambios en el VO ₂ máx en respuesta al entrenamiento interválico (IT) o combinación de IT y entrenamiento continuo.	Se observó un aumento en el VO ₂ máx de .51 L·min ⁻¹ (IC del 95%: .43 a .60 L·min ⁻¹). Un subconjunto de 9 estudios, con 72 sujetos, que incluyeron intervalos más largos mostraron cambios aún mayores (~.8-.9 L·min ⁻¹) en el VO ₂ máx con evidencia de una marcada respuesta en todos los sujetos.
Batacan et al. (2017)	Resumir los efectos del HIIT en los marcadores de salud cardio metabólica incluido el VO ₂ máx , entre otros, en adultos.	Personas con peso normal o con sobrepeso/obesidad, indiferentes del nivel de actividad física (NAF) de 18 años o mayores.	65	HIIT de periodos cortos <12 semanas (ST-H) y HIIT de periodos largos ≥12 semanas (LT-H)	Los hallazgos de esta revisión indican que el HIIT puede constituir un protocolo de entrenamiento eficaz para mejorar el VO ₂ máx en poblaciones con sobrepeso/obesidad. Se anima a utilizar HIIT realizado al menos tres veces por semana durante 12 semanas como parte de su programa de ejercicios para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria.
Wen et al. (2019)	Examinar los efectos del HIIT sobre las mejoras del VO ₂ máx con respecto a diferentes intervalos de trabajo, volúmenes de sesiones o períodos de entrenamiento en varias poblaciones (es decir, adultos sanos, con sobrepeso/obesos y atléticos).	Personas adultas sanas o con sobrepeso/obesidad indiferentemente del NAF	53	Efecto del HIIT en el VO ₂ máx en personas con diferentes NAF *intervalos medios y largos	Independientemente del protocolo, HIIT es eficaz para mejorar el VO ₂ máx en adultos sanos, con sobrepeso/obesos y deportistas. Investigando los diferentes protocolos de HIIT, HIIT de intervalos de trabajo cortos (≤30 s de trabajo/sesión de intensidad sub máxima a máxima), HIIT de bajo volumen (≤5 min de trabajo/sesión) y HIIT de corta duración (≤4 semanas de intervención) son estrategias factibles y eficientes en el tiempo y tienen una alta efectividad para mejorar el VO ₂ máx, especialmente para la población general. Para asegurar o mejorar en gran medida los efectos del entrenamiento sobre el VO ₂ máx, se pueden utilizar intervalos largos (≥ 2 min de trabajo/sesión a intensidad sub máxima), alto volumen (≥ 15 min de trabajo/sesión) y de moderado a largo plazo (≥ 4-12 semanas de intervención). Se recomienda HIIT.
Sultana et al. (2019)	Investigar exhaustivamente la eficacia del HIIT de bajo volumen en comparación con un control sin ejercicio o MICT en la aptitud cardiorrespiratoria (entre otras), utilizando los datos obtenidos de los ensayos de investigación en humanos disponibles.	Participantes adultos con peso normal, sobrepeso y obesidad (18 años o más), que eran físicamente activos e inactivos y con cualquier estado de salud.	SIT vs Control 25 SIT vs MICT 27	Efecto del HIIT de bajo volumen o SIT en el VO ₂ máx	Con volúmenes bajos, se demostró que el HIIT es mejor que no realizar ejercicio y superior al MICT, que consume más tiempo, para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria.

Sigue en página 14

Autor (año)	Objetivo	Población	n	VARIABLES ANALIZADAS	Conclusiones
de Oliveira et al. (2021)	Investigar, a través de una revisión sistemática y meta-análisis, qué protocolo de entrenamiento interválico, HIIT o entrenamiento interválico de sprint (SIT por sus siglas en inglés), promueve una mayor ganancia en la aptitud cardiorrespiratoria (VO ₂ máx /pico).	Sujetos de cualquier edad y NAF. Solo se excluyeron sujetos con lesiones de la médula espinal o personas con condiciones especiales de salud.	19	Estudios que compararon los efectos de los protocolos de HIIT y SIT en el VO ₂ max/pico.	HIIT y SIT son protocolos que ahorran tiempo y conducen a mejoras similares en la aptitud cardiorrespiratoria. Así, la elección entre estos protocolos de entrenamiento debe realizarse en función de la disponibilidad de tiempo, la capacidad para realizar actividad física intensa y la especificidad de las condiciones físicas de cada individuo para practicar el ejercicio.
Syamsudin et al. (2021)	Analizar el efecto del HIIT en la capacidad aeróbica máxima en sujetos femeninos con un estilo de vida sedentario e inactividad física en las categorías de peso normal, sobrepeso y obesidad, basado en estudios publicados.	Mujeres sedentarias entre 18 y 65 años	6	Efecto del HIIT en el VO ₂ máx de mujeres sedentarias con y sin sobrepeso/obesidad	HIIT vs Ctrl ↑sig. El HIIT es un protocolo de entrenamiento efectivo para aumentar la capacidad aeróbica máxima en sujetos femeninos con un estilo de vida sedentario. Se debe considerar un mínimo de 4 semanas de ejercicio con una frecuencia de 3 veces por semana, una duración de entrenamiento de 18-30 minutos por sesión y varios tipos de ejercicios
Boullosa et al. (2022)	Identificar ensayos controlados y aleatorios que utilizaron SIT muy cortos ≤10 s (sSIT) durante un mínimo de 2 semanas y verificar los efectos de estos regímenes de entrenamiento sobre medidas de aptitud y rendimiento aeróbico y anaeróbico.	Adultos saludables entre 18 y 40 años atletas y físicamente activos sexo mixto.	8	Efecto del sSIT (≤10 s), SIT y HIIT en el VO ₂ máx	Se determina efectividad de los protocolos de sSIT compuestos por series de ejercicio de ≤10 s, para mejorar el VO ₂ máx , lo que convierte a la sSIT en un medio poderoso y eficiente en el tiempo para mejorar la condición física y el rendimiento en tan solo unas pocas semanas y con un ejercicio reducido en densidad.

sSIT intervalo de sprint corto; Ctrl: grupo control; ↑sig; Aumento significativo.

Capítulo III

METODOLOGÍA

1. Tipo de estudio

Esta revisión sistemática y meta-análisis se llevó a cabo en concordancia con lo establecido en la declaración “*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses*” o PRISMA por sus siglas en idioma inglés (Borestein et al., 2009; Liberati et al., 2009). Se estimó el tamaño del efecto global e individual para resumir la evidencia presente en las investigaciones originales sobre el efecto del HIIT en el VO₂máx (Ringquist, 2013). Por medio de forest plots y gráficos de dispersión (visualización gráfica) estos análisis se grafican permitiendo tanto observar la evaluación individual de los estudios como la del resultado final, además de evidenciar la heterogeneidad de estas comparaciones (Rivas et al., 2014). La importancia de este método de investigación radica en que se cree que el meta-análisis de ensayos agrupados aleatoriamente representa la mejor opción posible para resumir los efectos beneficiosos y perjudiciales de las intervenciones (Hernandez et al., 2020).

2. Criterios de elegibilidad

Estos criterios fueron determinados por el autor y siguen la normativa PICOS. Se tomaron en cuenta estudios que cumplieran con los siguientes criterios: a) estudios controlados y aleatorios; b) programas de ejercicio HIIT; c) personas adultas, de 18 a 45 años de edad, de ambos sexos, sanos; d) mediciones pre y post tratamiento en ambos grupos y que reporten media y DS; e) VO₂máx como variable dependiente. Además, se incluyeron estudios publicados en inglés, español o portugués. No se consideró restricción en el año de publicación del estudio.

3. Búsqueda literaria

Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos Academic Search Ultimate, Web of Science, Scopus, SportDiscus y PubMed, en idioma inglés, sin límite de fecha de publicación, entre el 8 de mayo y el 2 de septiembre de 2022.

4. Selección de estudios y codificación de la información

Se utilizó la siguiente frase booleana en los motores de búsqueda: “*VO₂max*” and “*oxygen uptake*” and “*high intensity*” and “*interval training*”. La búsqueda fue llevada a cabo por únicamente por el autor así como la lecturas, análisis y recolección de datos. Inicialmente se identificaron todos los estudios potencialmente relevantes de la masiva respuesta de los motores de búsqueda, luego se escaneó a través de la lectura de resúmenes para descartar artículos no pertinentes, tras esto se procede a leer los artículos seleccionados como incluíbles para asegurar su inclusión o en su defecto su descarte. El proceso de búsqueda y selección se resume en la figura 1.

De los artículos seleccionados se colectó la información correspondiente a los promedios de las mediciones pre y post test del consumo de oxígeno (VO₂), su desviación estándar, el n de los grupos y las diferentes variables moderadoras de aplicación del método HIIT utilizadas, así como las propias de la población, mismas que se detallan en el apartado *Variables a estudiar*.

5. Variables a estudiar

5.1 Variable dependiente:

La variable dependiente estudiada fue la capacidad cardiorrespiratoria (CC) expresada en consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) o VO₂pico, registrados en mL.kg⁻¹.min⁻¹ o L.min⁻¹. Pese a las diferencias en la unidad de medición, los conceptos anteriores se interpretan de la misma manera, es decir, que a mayor magnitud, mayor CC y viceversa.

5.2 Variable independiente

Nivel de actividad física de los participantes en tres niveles y se definen así:

1. *Sedentarios*: no realizan previamente entrenamiento físico o deportivo estructurado. Ejercicios físico menor a 150 min por semana, menor a 3 veces por semana, menos de 30 minutos al día de intensidad moderada con al menos 3 meses de inactividad.
2. *Activos*: realizan actividad física, deportiva o recreativa sistemática al menos 3 veces por semana mayor o igual a 150 minutos por semana.
3. *Muy entrenados/Atletas*: deportistas de alto rendimiento.

5.3 Variables moderadoras

1. *Tipo de intervalo*: se distinguen tres tipos de intervalos: intervalo de larga duración, de 3 – 15 min de ejecución, intervalo de duración media, que va de 1-3 min de ejecución e intervalo de corta duración, de 10 s – 1 min de ejecución.
2. *Tipo de descanso*: hay dos tipos de descanso, el descanso pasivo y el descanso activo, que es ejercicios de baja o moderada intensidad hasta alcanzar una variable fisiológica determinada.
3. *Intensidad*: se determinan dos intensidades a saber: ejercicio ejecutado entre 80% y 85% del consumo de oxígeno pico (VO_{2pico}) o la frecuencia cardiaca (FC) o el $VO_{2máx}$ o la potencia aeróbica máxima y el ejecutado superior al 85% del consumo de oxígeno pico (VO_{2pico}) o la FC o el $VO_{2máx}$ o la potencia aeróbica máxima.
4. *Género*: dividido en masculino, femenino y mixto.
5. *Cantidad de sesiones semanales*: variable de tres niveles a saber: una o dos sesiones a la semana, 3 ó 4 sesiones a la semana y cinco o más sesiones a la semana.

6. Análisis estadísticos

Por las características de los diseños de los estudios incluidos, se realizaron dos tipos de meta-análisis: intragrupos y entregrupos. El meta-análisis intragrupos se basa en el cálculo de tamaños de efecto (*TE*) a partir de las medias de pre test y post test de un grupo, dividiendo su resta entre la desviación estándar del pre test del mismo grupo. La fórmula empleada específicamente para este *TE* fue $TE = (Media\ post - Media\ pre) / Desviación\ estándar\ pre$ (Becker, 1988; Grissom y Kim, 2012; Looney et al., 1994). Los *TE* se corrigen multiplicando por $C = 1 - [3 / (4 * m - 1)]$, siendo

$m=n-1$ y se obtiene TEc . Luego se obtiene la varianza con esta fórmula: $Var=(1/n)+ [TEc^2/(2*(n-1))]$ (Gibbons et al., 1993, p.275, fórmula 21). Finalmente Var se multiplica por C^2 . Estos estadísticos se obtienen para cada estudio y luego se trasladan al software donde se corren los análisis principales del meta-análisis.

En el caso del meta-análisis entregrupos, este se basa en TE obtenidos mediante la resta de la media del grupo experimental y la del control, dividiendo su resultado entre la desviación estándar del control, todo esto con los datos del post test. Las fórmulas específicas para este caso son las siguientes: $TE= (Media\ experimental - Media\ control) / Desviación\ estándar\ control$; $C=1-[3/(4*m-1)]$, siendo $m=(n\ experimental + n\ control -2)$; $Var=[(n\ experimental + n\ control)/(n\ experimental * n\ control)]+[TEc^2/(2*(n\ experimental + n\ control))]$. Se procede igual con estos estadísticos, trasladándolos al software de meta-análisis.

En general se corrieron meta-análisis intragrupos para los datos de los grupos experimentales (que hacían HIIT) y por separado, para los datos de los grupos de control. Y el meta-análisis entregrupos solo podía realizarse con datos de los estudios que tuvieran un diseño conformado por al menos un grupo experimental y un grupo de control. Todos los meta-análisis que se corrieron, se realizaron con el modelo de efectos aleatorios de máxima verosimilitud restringida, utilizando el módulo MAJOR del paquete Jamovi versión 2.3.28 y el paquete OpenMEE. Además, se obtuvo estadísticos de homogeneidad (Q e I^2) y de sesgo (test de Egger, según Egger et al., 1997; Orwin, 1983) en el software. Finalmente, se empleó Meta-Essentials effect size data 1.5 para realizar ajustes por sesgo, cuando fue necesario, mediante trim and fill (Duval y Tweedie, 2000; Shi y Lin, 2019). La magnitud de los tamaños de efecto se interpretó a la luz de literatura especializada (Afonso et al., 2024; Cohen, 1988; Durlak, 2009; Ellis, 2010). Tradicionalmente se ha aplicado los valores de referencia ($TE=.2$ es pequeño, $TE=.5$ es medio y $TE=.8$ es grande) sugeridos por Cohen (1988), para interpretar los TE de diferencias medias, sin tener en consideración la advertencia del mismo autor de que su uso fuera con cautela, cuando no existiera conocimiento en el área o previos hallazgos que permitieran valorar mejor los TE obtenidos (Afonso et al., 2024; Durlak, 2009). Una forma más adecuada de interpretar los TE es mediante su equivalencia a valores tipificados Z , para expresarlos como unidades de ganancia o de diferencia percentil (Durlak, 2009), siendo este el enfoque que se aplicará en el presente estudio.

En caso de existir evidencia de heterogeneidad en los resultados de alguno de los meta-análisis, se procede a realizar seguimientos a variables moderadoras mediante ANOVA análogo y

metaregresión, en OpenMEE. Asimismo, la elaboración de los gráficos de bosque se realizó en este software y los gráficos de embudo sobre el sesgo de publicación, se obtuvieron en Jamovi.

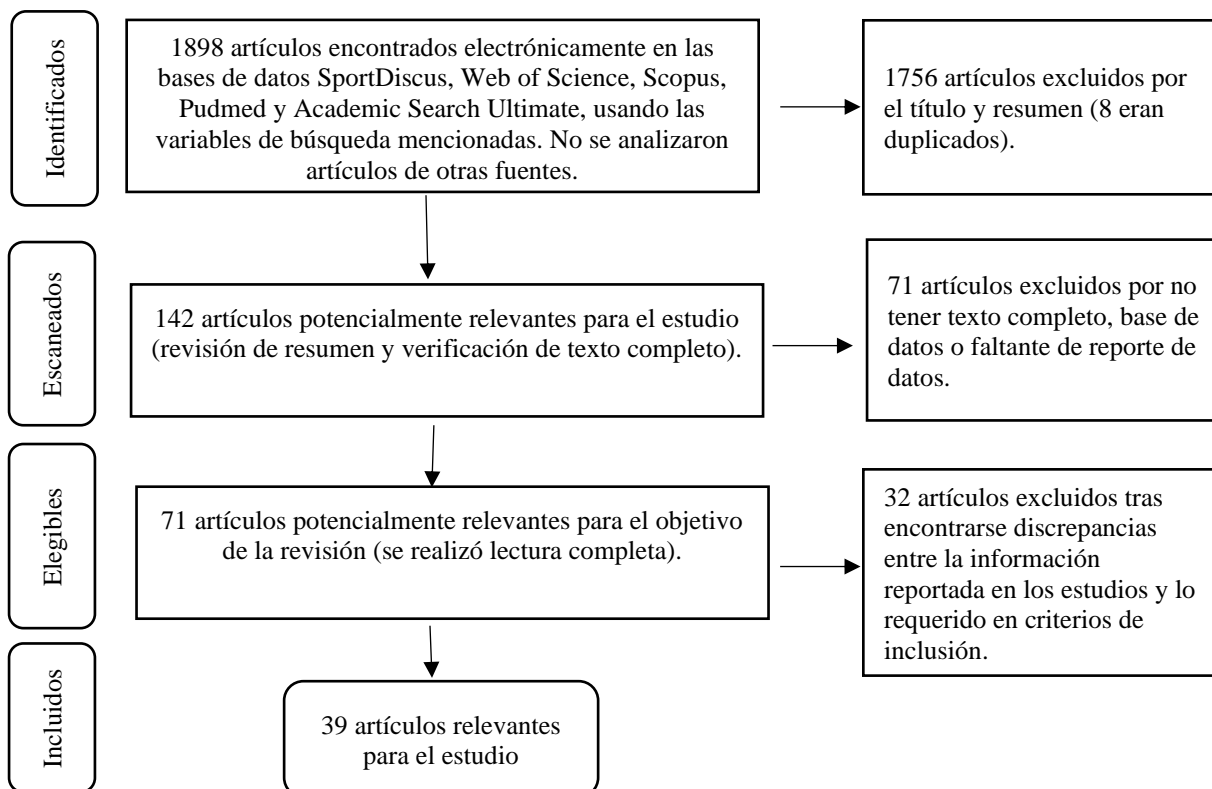
Capítulo IV

RESULTADOS

Se analizaron un total de 1898 publicaciones, de las cuales se excluyeron 1756 estudios con base en revisión del título (prioritario) y el resumen (en caso de duda con información del título), por no ser relevantes con el tema. Por otra parte, ocho de los estudios fueron descartados, por estar duplicados. Luego, se revisaron 142 artículos con base en identificación del texto completo y de estos se eliminaron 71 estudios por carecer de eso. Con los 71 estudios restantes, se realizó una lectura completa, donde se determinó que algunos artículos debían ser excluidos, ya que su lectura profunda reveló faltantes o discrepancias. Por ejemplo, de población, siendo que la misma presentaba individuos con alguna patología, edad fuera de la prevista en los criterios de selección o variables analizadas que en la lectura del resumen no se identificaban o mencionaban. En la figura 1 se presenta un flujograma que caracteriza este proceso:

Figura 1.

Flujograma de la revisión sistemática



De acuerdo con los criterios de elegibilidad anteriormente mencionados, se incluyeron un total de 39 estudios en el meta-análisis, los cuales fueron publicados entre el 2007 y el 2022. Un total de 644 individuos evaluados en grupos experimentales (que hicieron ejercicio HIIT) y 113 en los grupos control, con edades entre los 18 y los 45 años, con una edad promedio de 25.6 años y un índice de masa corporal (IMC) promedio de 23.6 (ver tabla 2).

La población representada en los estudios fueron personas sedentarias ($n=12$ TE correspondieron a esta categoría), físicamente activas ($n=28$ TE) o personas atletas con alto rendimiento e inclusive seleccionados nacionales en diferentes deportes ($n=19$ TE), desde deportes individuales ($n=14$ TE) y de equipo ($n=5$ TE), como deportes de combate, deportes con raquetas, deportes acuáticos, corredores de larga distancia entre otros. En términos del sexo, la muestra estuvo conformada en algunos estudios, solamente por hombres ($n=33$ TE), solamente mujeres ($n=7$ TE) o ambos ($n=17$ TE). Todos los sujetos se reportaron como personas sanas. La información detallada para cada estudio se puede observar en el la tabla 1.

Calidad de los estudios

En la Tabla 3 se observa la caracterización de cada estudio incluido según la escala de calidad PEDro. Se encuentran valores aceptables para la inclusión de los artículos. La escala evalúa elementos muy importantes en el desarrollo de artículos científicos, encontrando en general puntuaciones muy altas en los documentos analizados, esto con algunas excepciones. De los 39 artículos 24 tuvieron calificación de 8, siete calificación de 6, cuatro con calificación de 7 y cuatro con calificación de 9, para un promedio de 7.6 puntos (el máximo es 10). En el anexo I se muestra la escala PEDro y sus respectivos criterios.

Tabla 2**Resumen de las características de los estudios encontrados**

Autor	Población	Género	Edad	IMC	VO₂máx	n	Semanas	Sesiones	Intervalo	Descanso	Intensidad	Resultado
De Revere et al. (2021)a	Sedentarios	M	26.33	22.2	31.0	12	3	9	medio	activo	80%-85%	↑VO ₂ máx
De Revere et al. (2021)b	Sedentarios	M	22.6	24.2	28.3	10	3	9	medio	activo	80%-85%	↑VO ₂ máx
Kelly et al. (2021)	Atletas	H	25.3	24.5	52.7	13	6	18	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Mallol et al. (2020)c	Activos	M	42	22.2	42.1	7	4	8	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Mallol et al. (2020)d	Activos	M	42	22.2	41.0	7	4	8	medio	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Islam et al. (2020)	Sedentarios	MX	21	25	43.0	27	4	16	corto	pasivo	>85%	↔ VO ₂ pico
Arboleda et al. (2019)	Sedentarios	H	29.5	26.2	39.2	22	8	24	corto	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Astorino et al. (2018)	Activos	MX	27	22	38.0	14	3	9	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Kavaliauskas et al. (2017)	Sedentarios	M	21	23	31.8	8	4	8	corto	pasivo	>85%	↔VO ₂ máx
Schubert et al. (2017)	Activos	MX	28.8	26.6	33.0	12	4	8	corto	activo	>85%	↔ VO ₂ máx
Paquette et al. (2017)e	Activos	H	26	23	56	8	6	18	largo	activo	80%-85%	↑VO ₂ máx
Paquette et al. (2017)f	Activos	H	27	23.1	55.9	9	6	18	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Sheykhlovand et al. (2016)g	Atletas	H	24	25.9	39.21	7	3	9	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Sheykhlovand et al. (2016)h	Atletas	H	24	25.9	37.85	7	3	9	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Saanijoki et al. (2015)	Sedentarios	H	48	25.6	34.7	13	2	12	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Etxebarria et al. (2014)i	Activos	H	33	23.4	58.7	7	3	18	corto	activo	>85%	↔ VO ₂ máx
Etxebarria et al. (2014)j	Activos	H	33	23.4	58.7	7	3	18	largo	pasivo	80%-85%	↔ VO ₂ máx
Ben Abderrahman et al. (2013)k	Activos	H	20.9	24	59.37	9	7	21	corto	pasivo	>85%	↔ VO ₂ máx
Ben Abderrahman et al. (2013)l	Activos	H	20.4	22.5	58.66	9	7	21	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Helgerud et al. (2007)m	Activos	H	24.6	24.8	60.5	10	8	24	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Helgerud et al. (2007)n	Activos	H	24.6	24.8	55.5	10	8	24	largo	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Macpherson et al. (2015)	Atletas	H	25	23	52.7	14	2	6	medio	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Gojanovic et al. (2015)	Atletas	H	31.7	23.4	54.1	6	4	8	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Ní Chéilleachair et al. (2017)	Atletas	MX	22	24.5	4.71**	10	8	16	largo	activo	>85%	↑VO ₂ máx

Sigue en página 23

Continuación de tabla 2. Viene de página 22

Autor	Población	Género	Edad	IMC	VO ₂ máx	n	Semanas	Sesiones	Intervalo	Descanso	Intensidad	Resultado
Astorino et al. (2012)	Activos	MX	25.3	25.4	45.6	20	2	6	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Astorino et al. (2017)o	Activos	MX	22.5	23.2	39.6	14	6	20	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Astorino et al. (2017)p	Activos	MX	21.9	23	41.1	13	6	20	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Astorino et al. (2017)q	Activos	MX	23.1	23.6	39.5	12	6	20	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Atakan et al (2021)r	Activos	H	26	23.6	41.8	15	1	6	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Atakan et al (2021)s	Activos	H	24	22.9	45.2	13	2	6	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Menz et al (2019)t	Activos	MX	27	22.5	47.8	8	4	14	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Menz et al (2019)u	Activos	MX	24	22.6	49.5	7	4	14	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Raleigh et al. (2018)v	Activos	H	20.4	23.7	51.2	11	4	16	corto	pasivo	>85%	↔VO ₂ máx
Raleigh et al. (2018)w	Activos	H	20.4	23.7	46.5	12	4	16	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Silva et al. (2017)	Activos	H	35	23.8	54.5	8	4	8	largo	activo	80%-85%	↑VO ₂ máx
Hatle et al. (2014)x	Sedentarios	MX	23.1	22.7	51.5	10	8	24	largo	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Hatle et al. (2014)y	Sedentarios	MX	23.7	22.6	52.2	11	3	24	largo	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Chidnok et al. (2020)	Sedentarios	M	21	21.2	20.1	12	6	18	corto	pasivo	80%-85%	↑VO ₂ máx
Ribeiro et al. (2015)	Atletas	H	24.6	29.7	39.8	9	10	50	medio	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Yang et al. (2017)	Atletas	H	18.1	23.5	45.9	7	4	12	medio	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Batra et al. (2016)	Atletas	H	24	23.1	50.13	10	8	16	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
da Silva et al. (2019)d1	Activos	H	21.4	24.4	47.2	12	3	12	corto	activo	>85%	↔VO ₂ máx
da Silva et al. (2019)d2	Activos	H	21.1	23.2	47.1	11	3	6	corto	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Hoydal et al. (2016)	Activos	MX	27.6	23.3	51.67	8	8	24	largo	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Menz et al. (2015)	Activos	MX	25	21	55	19	3	11	largo	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Ferley et al. (2013)w1	Atletas	MX	27.4	21.7	63.3	12	6	12	corto	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Ferley et al. (2013)w2	Atletas	MX	27.4	21.7	59.4	12	6	12	medio	activo	>85%	↔VO ₂ máx
Laursen et al. (2002)w3	Atletas	H	26	23.2	66.5	8	4	8	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Laursen et al. (2002)w4	Atletas	H	24	22.4	63.7	9	4	8	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Laursen et al. (2002)w5	Atletas	H	25	24	62.6	10	4	8	corto	pasivo	>85%	↔VO ₂ máx
Sheykhrouvand (2018)	Atletas	H	24	25.9	59.6*	7	3	9	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Curto et al. (2019)	Activos	H	25.1	22.5	49.8	13	4	12	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx

Sigue en página 24

Continuación de tabla 2. Viene de página 23

Autor	Población	Género	Edad	IMC	VO ₂ máx	n	Semanas	Sesiones	Intervalo	Descanso	Intensidad	Resultado
Byrd et al. (2019)	Sedentarios	MX	32.1	27.6	31.8	16	13	13	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Liu et al. (2021)s1	Atletas	H	20	23	56.8	8	8	24	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Liu et al. (2021)s2	Atletas	M	20.5	22.2	42.5	8	8	24	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Rønnestad et al. (2020)s3	Atletas	H	24	23	73.3	9	3	9	largo	activo	80%-85%	↔VO ₂ máx
Rønnestad et al. (2020)s4	Atletas	H	25	22.4	72.7	9	3	9	corto	activo	>85%	↑VO ₂ máx
Lu et al. (2021)s5	Sedentarios	M	20.7	21.9	31.3	10	12	36	corto	pasivo	>85%	↑VO ₂ máx
Lu et al. (2021)s6	Sedentarios	M	20.2	22.4	32.8	10	12	36	medio	activo	>85%	↑VO ₂ máx

Nota: Columna VO₂máx corresponde a valores pre-test, ↑ VO₂máx = aumento significativo del consumo máximo de oxígeno post test, ↔VO₂máx sin diferencia del consumo máximo de oxígeno post test. M: género femenino, H: género masculino, MX: población mixta en género. a: mujeres caucásicas, b: mujeres hispanas, x: entrenaron con más frecuencia en la semana, y: entrenaron con menos frecuencia en la semana, s5: intervalos de velocidad, s6: intervalos de ejercicios funcionales, g:trabaron por repeticiones, h: trabajaron por tiempo, w1: intervalos de carera en pendiente, w2: intervalos de carrera en plano, w3: ocho intervalos con descanso pasivo. w4: ocho intervalos con descanso pasivo según FC, w5: ocho intervalos con descanso pasivo de 4.5 minutos, s1: hombres, s2: mujeres, s3: intervalo y descanso largo, s4: intervalos y descansos cortos, c:HIIT en carrera a pie, d:HIIT en cicloergómetro, e: intervalos de 30 s, f: Intervalos de un minuto, i: intervalos cortos, j: intervalos largos, k: intervalos con descanso activo, l: intervalos con descanso pasivo, m: intervalo corto, n: intervalo largo, o: intervalos de sprind, p: intervalos largos q: intervalos tanto largos como cortos, r: dos sesiones HIIT el mismo día 3 días a la semana, s: seis sesiones de HIIT en dos semanas, v: individuos con VO₂máx menor que grupo w, w: individuos con VO₂máx mayor a grupo v, d1: 8 a 12 series de HIIT, d2: 4 a 6 series de HIIT.

En la tabla 2 se observa la caracterización de cada estudio incluido y de cada uno de los tamaños de efecto de dicho estudio. Se observan documentos que aportan dos y hasta tres tamaños de efecto, las letras y números presentes en la cita bibliográfica corresponden a las particularidades específicas de cada uno de ellos. Además, se detallan las características de la población y los protocolos HIIT que aplicaron.

Tabla 3*Caracterización de los criterios PEDro de los estudios*

Año	Autor	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
2021	Kelly et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2017	Paquette et al.	no	no	si	si	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2016	Sheykhlovand et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2015	Saanijoki et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2014	Etxebarria et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2013	Abderrahman et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2007	Helgerud et al.	sí	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	7/10
2018	Astorino et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2017	Schubert et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2020	Mallol et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2019	Arboleda et al.	sí	sí	sí	sí	no	si	sí	sí	sí	sí	9/10
2017	Kavaliuskas et al.	no	no	sí	sí	no	si	sí	sí	sí	sí	7/10
2020	Islam et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2021	De Revere et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	7/10
2015	Gojanovic et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2015	Macpherson et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2017	Ní Chéilleachair et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2012	Astorino et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	7/10
2017	Astorino et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2021	Atakan et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2019	Menz et al.	sí	sí	sí	sí	no	si	sí	sí	sí	sí	9/10
2018	Raleigh et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2017	Silva et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2020	Chidnok et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2014	Hatle et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2021	Liu et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2020	Rønnestad et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2021	Lu et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2016	Batra et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2019	da Silva et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2016	Hoydal et al.	sí	sí	sí	sí	no	si	sí	sí	sí	sí	9/10
2015	Menz et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2015	Ribeiro et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2017	Yang et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2013	Ferley et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2002	Laursen et al.	sí	sí	sí	sí	no	si	sí	sí	sí	sí	9/10
2018	Sheykhlovand	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10
2019	Curto et al.	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	6/10
2019	Byrd et al.	sí	sí	sí	sí	no	no	sí	sí	sí	sí	8/10

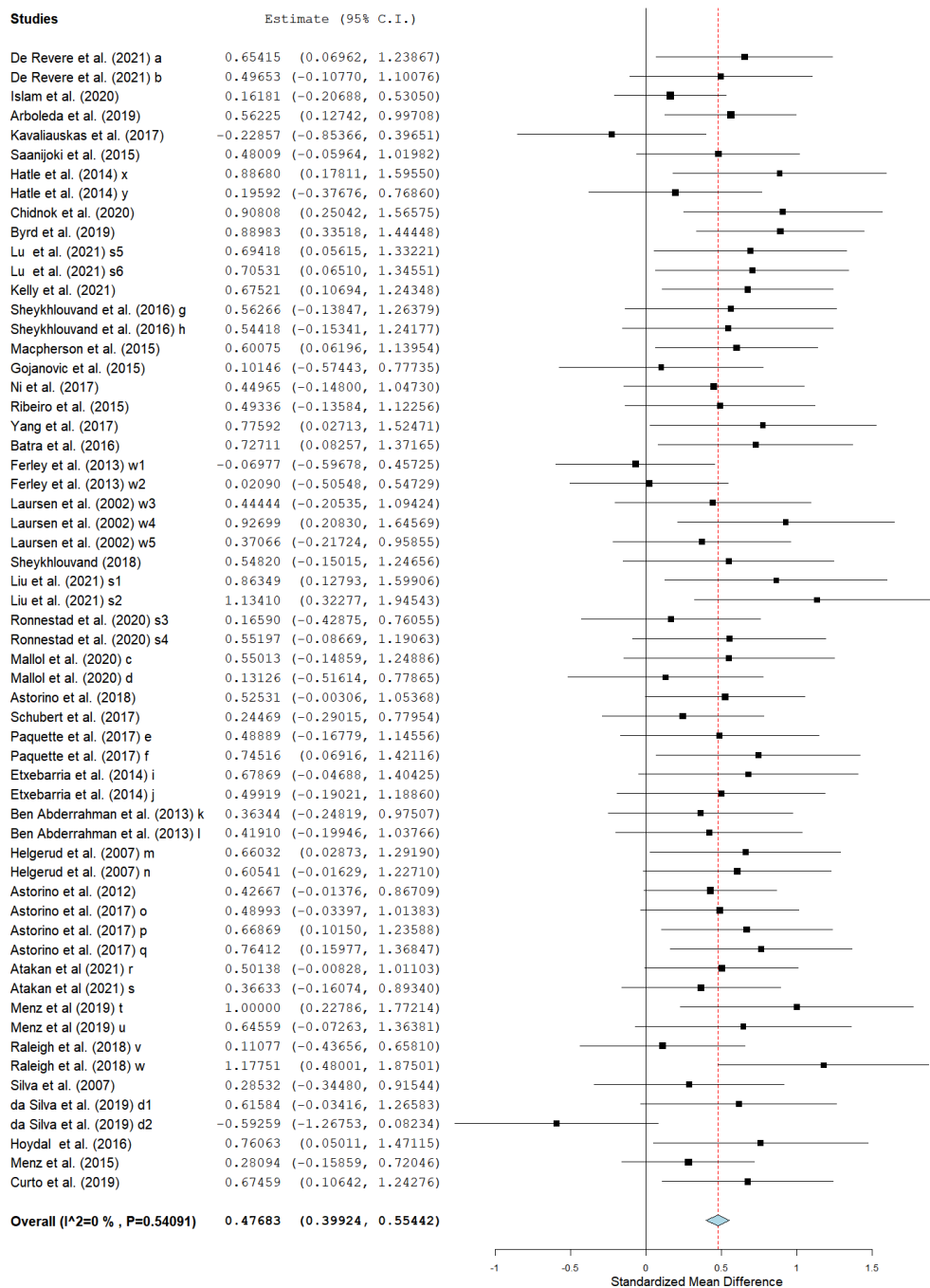
Meta-análisis intragrupos: datos de participantes en HIIT

El meta-análisis intragrupos aplicado a los datos de los grupos que realizaron HIIT (ver figura 2), mostró efecto de mejora distinta de cero con 95% de confianza ($TE=.48$, $IC95\%: .40, .55$) en la capacidad cardiorrespiratoria, sin evidencia de heterogeneidad relevante ($Q=56.24$, $p=.541$, $I^2=0\%$), Por lo cual, no habría indicios de que alguna variable presente en los estudios pudiera tener efecto moderador en estos resultados. No obstante, se observó evidencia de sesgo en los resultados de este meta-análisis (test de Egger $p=.003$). Tras aplicar el análisis trim and fill (ver figura 4), se obtuvo resultados controlando el sesgo, manteniéndose la evidencia de efecto de

mejora de la capacidad cardiorrespiratoria ($TE=.41$, $IC95\% = .33$ a $.49$) y sin evidencia de heterogeneidad relevante ($Q=81.82$, $p=.158$, $I^2=14.45\%$).

Figura 2

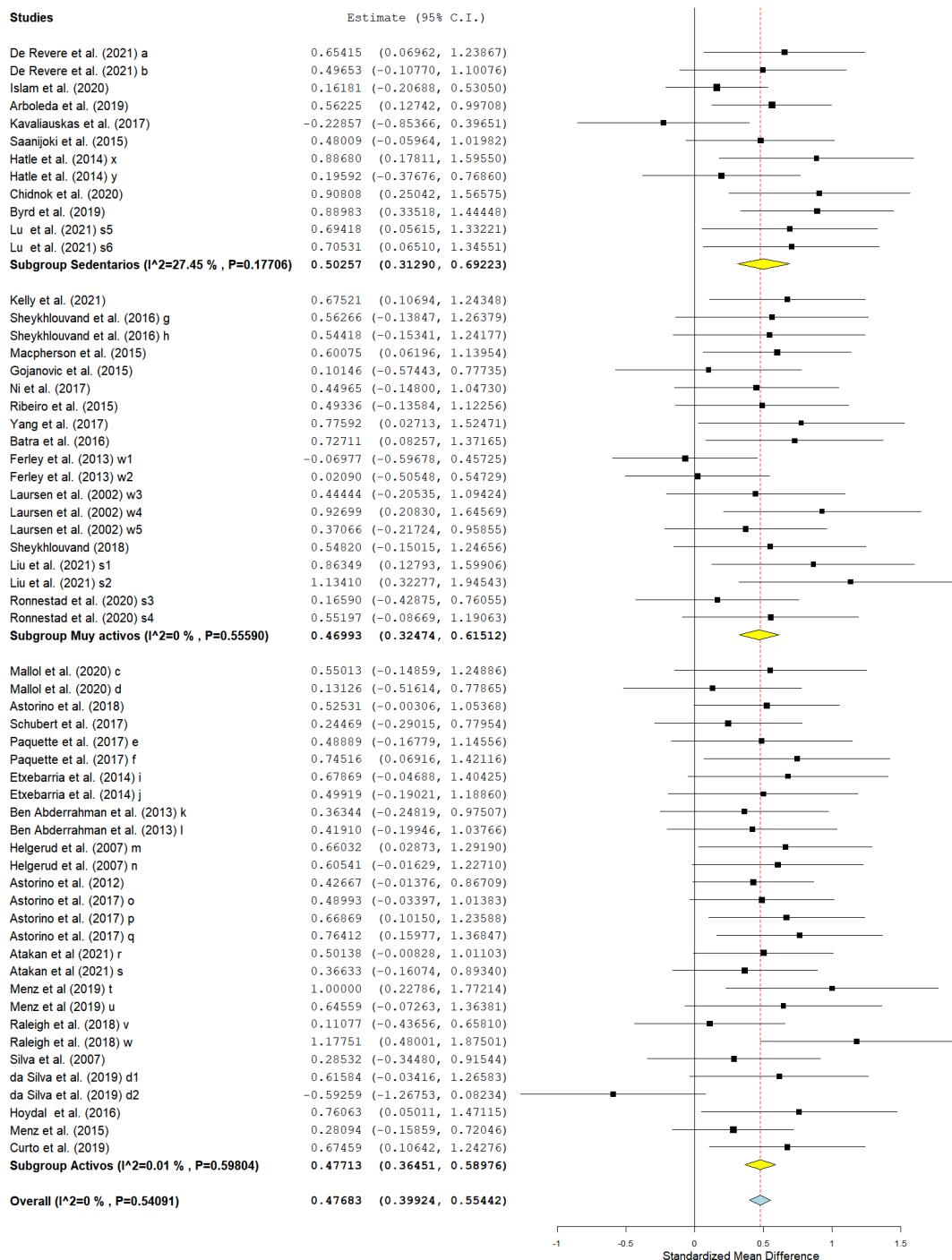
Gráfico de bosque. Meta-análisis intragrupos. Grupos de ejercicio HIIT



Nota: meta-análisis intragrupos. Variable dependiente: capacidad cardiorrespiratoria (datos de consumo máximo de oxígeno [VO₂máx] y consumo de oxígeno pico [VO₂pico], registrados en mL.kg⁻¹.min⁻¹ o L.min⁻¹).

Figura 3

Gráfico de bosque. Análisis subgrupo según nivel de actividad física de participantes en ejercicio HIIT



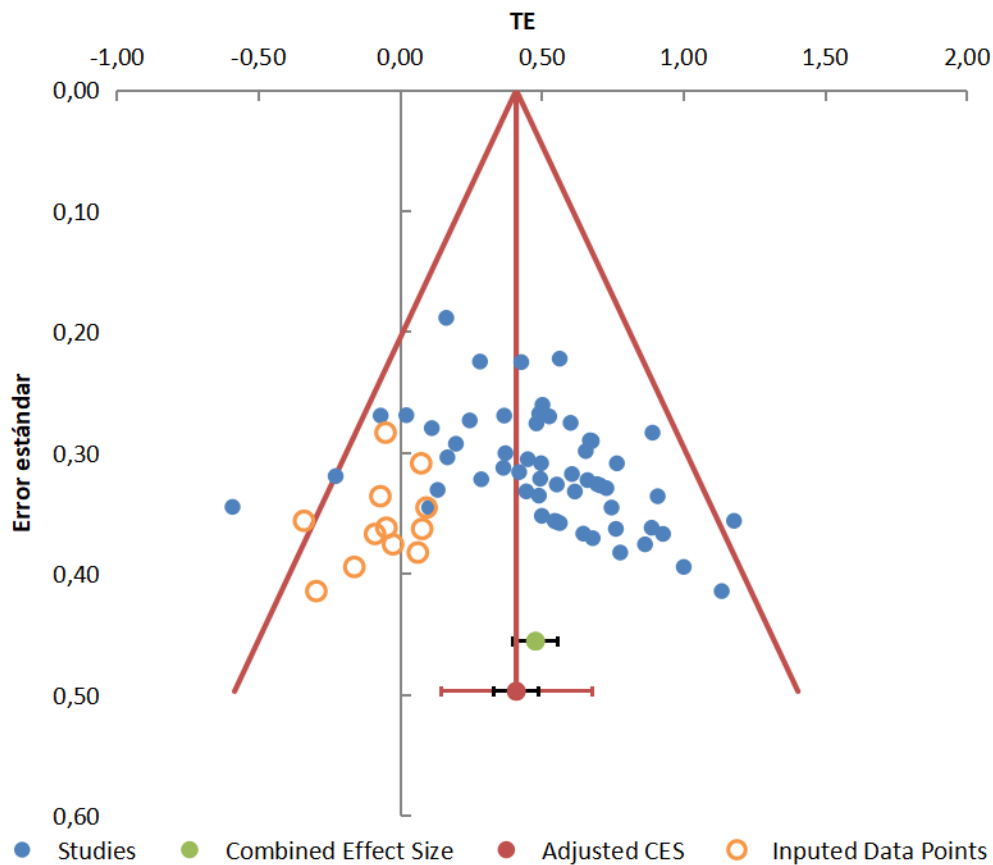
Nota: meta-análisis intragrupos. Variable dependiente: capacidad cardiovascular (datos de consumo máximo de oxígeno [VO₂máx] y consumo de oxígeno pico [VO₂pico], registrados en mL.kg⁻¹.min⁻¹ o L.min⁻¹). a: mujeres caucásicas, b: mujeres hispanas, x: entrenaron con más frecuencia en la semana, y: entrenaron con menos frecuencia en la semana, s5: intervalos de velocidad, s6: intervalos de ejercicios funcionales, g:trabaron por

repeticiones, h: trabajaron por tiempo, w1: intervalos de carrera en pendiente, w2: intervalos de carrera en plano, w3: ocho intervalos con descanso pasivo. w4: ocho intervalos con descanso pasivo según FC, w5: ocho intervalos con descanso pasivo de 4.5 minutos, s1: hombres, s2: mujeres, s3: intervalo y descanso largo, s4: intervalos y descansos cortos, c: HIIT en carrera a pie, d: HIIT en cicloergómetro, e: intervalos de 30 s, f: Intervalos de un minuto, i: intervalos cortos, j: intervalos largos, k: intervalos con descanso activo, l: intervalos con descanso pasivo, m: intervalo corto, n: intervalo largo, o: intervalos de sprint, p: intervalos largos q: intervalos tanto largos como cortos, r: dos sesiones HIIT el mismo día 3 días a la semana, s: seis sesiones de HIIT en dos semanas, v: individuos con VO2máx menor que grupo w, w: individuos con VO2máx mayor a grupo v, d1: 8 a 12 series de HIIT, d2: 4 a 6 series de HIIT.

Asimismo, el análisis subgrupos aplicado recalca la ausencia de diferencias entre los efectos de mejora observados según el nivel de actividad física inicial de los participantes de los grupos de ejercicio, resultando que tanto los que eran inicialmente sedentarios ($TE=.50$, IC95%: .31, .69), activos ($TE=.48$, IC95%: .36, .59) o muy activos ($TE=.47$, IC95%: .32, .62), mejoraron significativamente en su capacidad cardiorrespiratoria (ver figura 3).

Figura 4

Gráfico de embudo con ajuste trim and fill. Meta-análisis de grupos de ejercicio HIIT



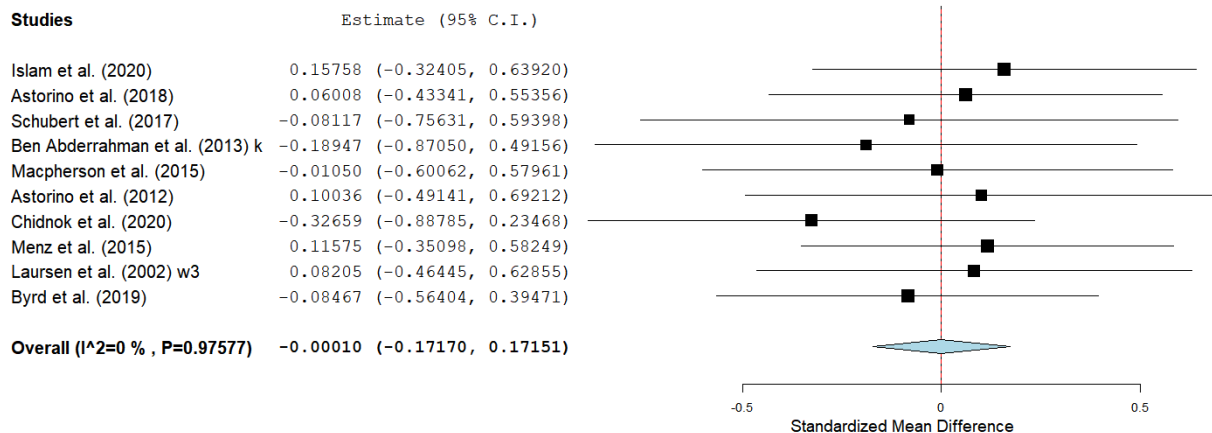
Nota: meta-análisis intragrupos. Variable dependiente: capacidad cardiovascular (datos de consumo máximo de oxígeno [$VO_2máx$] y consumo de oxígeno pico [VO_{2pico}], registrados en $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ o $L.min^{-1}$).

Meta-análisis intragrupos: datos de participantes controles

Al correr el meta-análisis intragrupos con los datos de los participantes de grupos de control (ver figura 5), no se encontró evidencia de efecto distinto de cero ($TE < -.001$, IC95%: $-.17, .17$), lo cual indica que no hay evidencia de alguna variable extraña que pudiera explicar los resultados observados en los grupos de ejercicio, a diferencia del efecto atribuido al ejercicio HIIT.

Figura 5

Gráfico de bosque. Meta-análisis intragrupos. Grupos control



Nota: meta-análisis intragrupos. Variable dependiente: capacidad cardiovascular (datos de consumo máximo de oxígeno [VO₂máx] y consumo de oxígeno pico [VO₂pico], registrados en mL.kg⁻¹.min⁻¹ o L.min⁻¹).

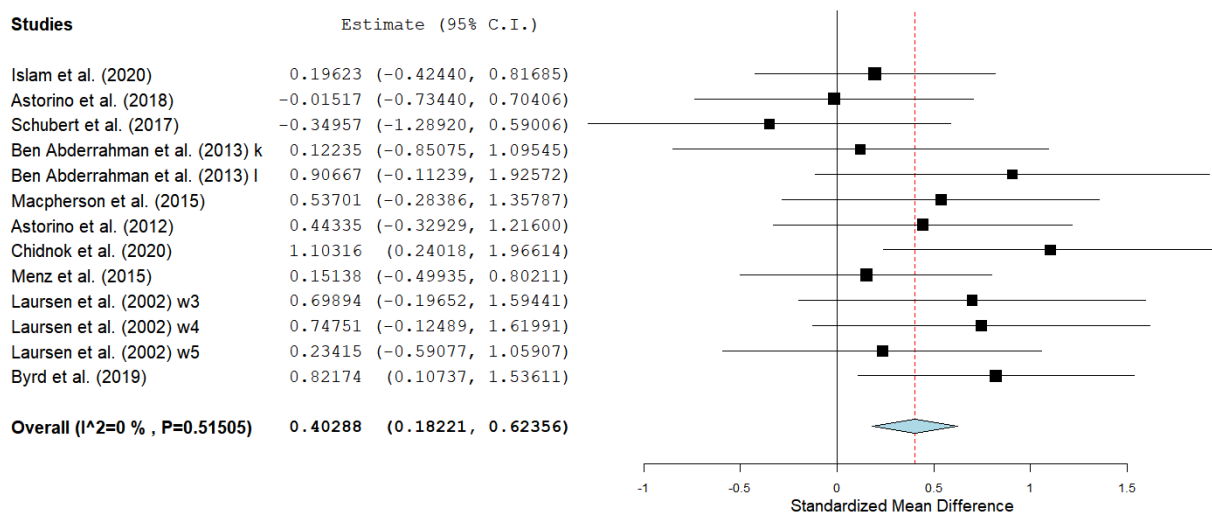
Meta-análisis entregrupos: sujetos experimentales vs. controles

Diez estudios tenían diseño con grupo experimental (uno o más) y grupo de control. Estos diseños de estudio son más robustos como evidencia de efectos atribuibles al ejercicio HIIT en comparación con sujetos control que no realizan HIIT, a diferencia de los resultados del meta-análisis

intragrupos que solo pueden indicar efectos de cambio entre mediciones pre y post intervención. El meta-análisis entre grupos (ver figura 6), identificó diferencias entre la media de los grupos experimentales y la de los grupos control ($TE=.40$, $IC95\%: .18, .62$) y sin evidencia de heterogeneidad relevante ($Q=11.16$, $p=.515$, $I^2=0\%$) y sin evidencia de sesgo (test de Egger $p=.380$; ver figura 7).

Figura 6

Gráfico de bosque. Meta-análisis entregrupos



Nota: meta-análisis entregrupos. Variable dependiente: capacidad cardiovascular (datos de consumo máximo de oxígeno [$VO_{2\text{máx}}$] y consumo de oxígeno pico [$VO_{2\text{pico}}$], registrados en $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ o $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$).

El análisis de subgrupos aplicado a estos mismos datos mostró que los que eran inicialmente sedentarios ($TE=.65$, $IC95\%: .11, 1.19$) o muy activos (atletas de alto rendimiento) ($TE=.54$, $IC95\%: .12, .97$) evidenciaron diferencias en la capacidad cardiorrespiratoria a favor de los grupos de ejercicio, mientras que los estudios con sujetos inicialmente activos ($TE=.18$, $IC95\%: -.15, .52$), no mostraron diferencia entre grupos de ejercicio y controles (ver figura 8).

Figura 7

Gráfico de embudo. Meta-análisis entregrupos

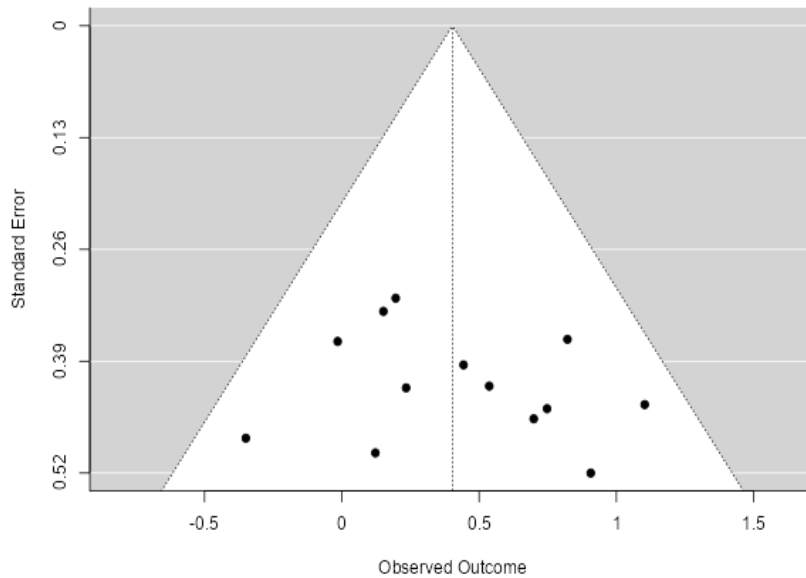
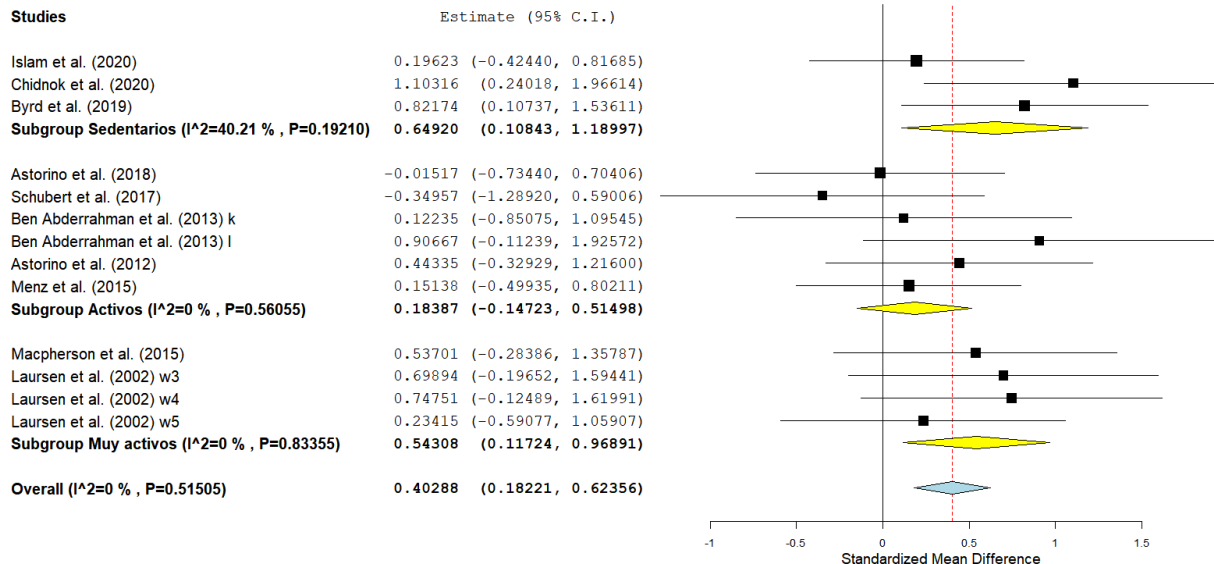


Figura 8

Gráfico de bosque. Análisis subgrupo según nivel de actividad física de grupos experimentales y controles



Nota: meta-análisis entregrupos. Variable dependiente: capacidad cardiovascular (datos de consumo máximo de oxígeno [VO₂máx] y consumo de oxígeno pico [VO₂pico], registrados en mL.kg⁻¹.min⁻¹ o L.min⁻¹).

Síntesis general de resultados del estudio meta-analítico

A modo de síntesis general de los resultados (ver tabla 4 con el resumen de resultados de los meta-análisis realizados), el presente estudio meta-analítico evidenció que la CC mejora significativamente en personas de distintos niveles de actividad física (sedentarios, moderadamente activos y sujetos muy activos, como atletas, entre otros) que realizaron protocolos de ejercicio HIIT. El efecto observado ($TE=.41$, IC95%: .33, .49) indica que quienes realizaban HIIT tuvieron una ganancia percentil de 15.91% mientras que los controles tuvieron 0% de cambio ($TE<-.001$, IC95%: -.17, .17). Esta evidencia tiene validez interna, dado que, como ya se mencionó, no se observó efectos de cambio significativos en los sujetos control que no se ejercitaron con HIIT. Es decir que, el efecto de mejora obtenido en los grupos de ejercicio, no sería explicable por variables ajenas al entrenamiento aplicado.

Tabla 4

Resumen de resultados de los meta-análisis realizados

Modelo	TE	IC95%		Q (p)	I ²	Test de Egger (p)
		IC inf.	IC sup.			
<i>Intra-Exp</i>	.48	.40	.55	56.24 (.541)	0%	.003
<i>Intra-Exp corregido</i>	.41	.33	.49	81.82 (.158)	14.45%	---
<i>Intra-Control</i>	<-.001	-.17	.17	2.68 (.976)	0%	.449
<i>Entre</i>	.40	.18	.62	11.16 (.515)	0%	.380

Notas: TE es tamaño de efecto promedio ponderado. Se muestran intervalos de variación de los TE con 95% de confianza, inferior (IC inf.) y superior (IC sup.). Cuando en el Test de Egger se obtiene $p<.1$, se considera evidencia de sesgo. Intra-Exp: meta-análisis intragrupos con datos de pre y post test de grupos que realizaron HIIT. Intra-Exp corregido: corrección del meta-análisis respectivo mediante trim and fill, para controlar el sesgo en los resultados. Intra-Control: meta-análisis intragrupos con datos de pre y post test de grupos que no se ejercitaron. Entre: meta-análisis con datos de post test de estudios con diseño que incluía al menos un grupo experimental y un control.

Sin embargo, pese a que los sujetos de distintos niveles de actividad física presentaron mejoras por el HIIT, solo en los casos de personas inicialmente sedentarias y de los sujetos más activos (deportistas de alto rendimiento, entre otros.), se evidenció diferencias entre quienes se ejercitaron con HIIT y los controles. El efecto global entregrupos ($TE=.40$, IC95%: .18, .62) indica

que la media de CC de los sujetos que hicieron HIIT supera en 15.54% a la media de los controles. En los sedentarios ($TE=.65$, $IC95\%: .11, 1.19$) la ganancia percentil en CC de los que hicieron HIIT con respecto al control fue de 24.22%. En los sujetos muy activos ($TE=.54$, $IC95\%: .12, .97$), la diferencia percentil a favor de los que hicieron HIIT fue de 20.54%. En cambio, los estudios con sujetos inicialmente activos ($TE=.18$, $IC95\%: -.15, .52$) tuvieron una diferencia percentil entre HIIT y controles de 7.14% que no fue estadísticamente significativa con 95% de confianza.

En el capítulo de la discusión se explican las razones por las cuales los sujetos moderadamente activos, pese a que también tuvieron efecto de mejora en la CC, no se distinguieron de sus respectivos grupos de control en el post test. Además se discute sobre los distintos protocolos empleados en los estudios para aplicar HIIT, teniendo en cuenta aquellos que se emplearon en estudios con la mejor evidencia. Pero antes de finalizar el apartado de resultados del presente estudio, vale señalar las fortalezas que tienen los análisis que fueron realizados: identificación de sesgo y su control estadístico para generar resultados fiables, en el meta-análisis intragrupos de los grupos de ejercicio; control de variables extrañas que pudieran actuar durante la aplicación de los tratamientos con HIIT, mediante el análisis intragrupos del efecto de cambio en los sujetos control; evidencia que permite atribuir con mayor confianza los efectos de mejora en la CC al entrenamiento HIIT, mediante el meta-análisis entregrupos.

Capítulo V

DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo por objetivo conocer el efecto del HIIT sobre la CC de sujetos con diferentes niveles de actividad física (NAF) mediante una revisión sistemática con meta-análisis.

En el presente estudio se observó la magnitud del efecto intragrupo general del HIIT sobre el VO_2 máx. Se encontró un *TE* global positivo significativo (un 15.91% de ganancia percentil). En cuanto al análisis por subgrupos de niveles de actividad física se determinó la ausencia de diferencia significativa en los resultados. En todos los casos hay mejora significativa de la CC. Tras la valoración del estadístico de heterogeneidad se determina la ausencia de la misma por lo que no se llevó a cabo ningún proceso estadístico de variables moderadoras.

Un estudio previo a nivel meta-analítico de Bacon et al. (2013) concluyó que todos los sujetos (personas sanas sedentarios o físicamente activos, <45 años) pueden mostrar mejoras marcadas en el VO_2 máx (aumento en el VO_2 máx de $0,51 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$) si se utilizan programas de entrenamiento que incluyan períodos de ejercicio de alta intensidad (IC 95%: $0,43$ a $0,60 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$). Además, concluyó que intervalos más largos mostraron cambios aún mayores ($\sim 0,8$ – $0,9 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$) en el VO_2 máx con evidencia de una marcada respuesta en todos los sujetos.

El meta-análisis de Sultana et al. (2019) concluyó que aún en volúmenes bajos, el HIIT es mejor que no realizar ejercicio y superior al MICT, que consume más tiempo, para mejorar la CC. Lo anterior en población de adultos con peso normal, sobrepeso y obesidad (18 años o más), que eran físicamente activos e inactivos.

En cuanto a personas atletas, otro meta-análisis concluyó que independientemente del protocolo, el HIIT es eficaz para mejorar el VO_2 máx en adultos sanos, con sobrepeso u obesos y atletas (Wen et al., 2019). La literatura consultada anteriormente concuerda con los resultados del efecto intragrupo del presente estudio incluso en términos de la no existencia de variables moderadoras que afecten los resultados.

Se esperaba un resultado positivo para la mejora de la CC ya que existen mecanismos fisiológicos que se han asociado con una mejora de este tipo de protocolos sobre el VO_2 máx . Como se ha demostrado, los entrenamientos de intervalos de alta intensidad proporcionan un estímulo significativo al sistema cardiovascular, respiratorio y muscular, lo que puede conducir a mejoras en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) con el tiempo (Dun et al., 2019; Molmen et al., 2012).

En cuanto al diseño entre grupos, se encontró un TE global significativo (15.54% de ganancia percentil) en el resultado de VO_2 máx de los sujetos que realizaron entrenamiento HIIT en comparación con los grupos control (0% de ganancia). En cuanto al análisis por subgrupo, se encontró diferencia significativa en favor de la CC en los sujetos inicialmente sedentarios (24.22% de ganancia percentil) y los sujetos de alto rendimiento físico o atletas (20.54% de ganancia percentil) más no fue así en los individuos físicamente activos, donde se encontró diferencia con los grupos anteriormente mencionados, quienes tuvieron ganancias no significativas (7.14% de ganancia percentil) con respecto al grupo control. El aumento observado en los *TE* entre grupos de la variable VO_2 máx podría explicarse por las adaptaciones fisiológicas que produce el HIIT en el cuerpo humano, como lo es el aumento de la densidad mitocondrial, lo que resulta en la generación de más ATP para los músculos que trabajan, produciendo así mayor generación de fuerza durante más tiempo (Gibala, 2009). El HIIT también es capaz de aumentar el volumen sistólico inducido por una mayor contractilidad cardíaca (Helgerud et al., 2007) y aumentar la capacidad de difusión del músculo esquelético (Slordahl et al., 2005) mejorando así la capacidad aeróbica.

El entrenamiento HIIT tiene un impacto que genera importantes adaptaciones fisiológicas en los diferentes mecanismos que afectan la respuesta del sistema CC. Tiene el potencial de mejorar la capacidad del sistema pulmonar para absorber oxígeno y distribuirlo a los músculos esqueléticos en funcionamiento durante el ejercicio (Dun et al., 2019). Iniciando en la absorción del oxígeno, el HIIT mejora la dinámica de captación, el impulso y patrones ventilatorios en adultos sanos (Christensen et al., 2016; Tasoulis et al., 2010). También, demostrando incrementos significativos en la función de los músculos respiratorios (Dunham y Harms, 2012).

En cuanto al sistema cardiovascular, el HIIT ha mostrado aumento del volumen sistólico (VS) y el gasto cardíaco (GC) en reposo, el GC máximo durante el ejercicio, el volumen plasmático

y la masa de hemoglobina, con una mejora mayor o similar al ejercicio de intensidad moderada continua (Bækkerud et al., 2016; Matsuo et al., 2014a; Warburton et al., 2004), además de mejoras en la frecuencia cardiaca (nódulo sinusal) y sistema parasimpático (da Silva et al., 2015; Ravé y Fortrat, 2016). Además, la investigación sugiere que el HIIT tiene la capacidad de mejorar la función vascular (Dun et al., 2019). Por último, el HIIT afecta el sistema musculo esquelético aumentando la cantidad total de fibras musculares esqueléticas y proporciones de tipos (aumento de tipo I o ambas, tipo I y II), densidad capilar, así como el contenido y función mitocondrial mejorando la capacidad oxidativa del músculo (de Matos et al., 2018; Guadalupe et al., 2018; Simoneau et al., 1985; Spee et al., 2016; Tan et al., 2018).

En el meta-análisis de Wen et al. (2019) que estudió las diferencias entre varios protocolos HIIT (53 estudios, 1514 sujetos evaluados que incluían personas de cualquier nivel de actividad física (NAF), sanas o con obesidad o sobrepeso y otras enfermedades crónicas, que evaluaran HIIT con grupo control o diseños entre grupos), se buscaba determinar si existe alguna diferencia entre los protocolos HIIT en el resultante VO_2 máx de los sujetos y encontraron que todos los protocolos lograron cambios beneficiosos. Sin embargo, solo los protocolos HIIT de intervalos largos (> 2 min) con volumen alto (> 15 min) y por periodos de más de 4 y hasta 12 semanas lograron diferencias significativas.

Continuando con otros resultados, en un meta-análisis realizado con mujeres sedentarias (n = 6, 273 mujeres sedentarias de entre 18 y 65 años y sanas), se observa un resultado concordante con el de esta investigación (aumento significativo del CC en mujeres sedentarias que realizan HIIT) para el meta-análisis de Syamsudin et al. (2021), se concluyó que para lograr mejoras significativas del VO_2 máx en las personas sedentarias se debe mantener variables como entrenar mínimo 4 semanas, 3 días por semana entre 18 – 30 minutos y con una frecuencia cardiaca entre 85 – 95% de la máxima se obtienen los resultados. Lo anterior podría indicar la presencia de variables moderando los resultados. No obstante, para el presente análisis no fue necesario realizar procesos de variables moderadoras ya que en ninguno de los meta-análisis se evidenció heterogeneidad. Lo anterior señala incongruencias con estudios previos y este análisis sin embargo cabe mencionar las diferencias entre poblaciones, tanto en materia de patologías presentes como en edad de la muestra.

Otros resultados encontrados como el estudio meta-analítico realizado por Batacan et al. (2017) [n= 65, edades de 18 a 35 años, sexo mixto, personas con peso normal y sobrepeso/obesidad] donde evaluaron diferentes variables de la salud cardio metabólica, entre ellas el VO₂máx, concluyó que tanto los HIIT donde se entrenaron periodos superiores como inferiores a 12 semanas lograron mejoras significativas, con evidencias significativas tanto en personas con peso normal para los protocolos menores a 12 semanas y las intervenciones superiores a las 12 semanas, coincidiendo con los resultados encontrados en la presente investigación.

Otra evidencia es el meta-análisis de de Oliveira et al. (2021) [n= 19, sujetos sin restricción por enfermedad, edad, sexo, NAF] que concuerda con estos resultados, donde comparó todo entrenamiento HIIT con aquellos que se denominaban Sprint Interval Training (SIT, intervalos con duración ≤ 10 segundos) para determinar cuál lograba mejores resultados en la capacidad cardiorrespiratoria. Se encontraron resultados beneficiosos significativos de ambos métodos y no se determinó diferencia significativa entre estos. Se observó un aumento en el VO₂máx de 0,51 L·min⁻¹ (IC del 95%: 0,43 a 0,60 L·min⁻¹). Un subconjunto de 9 estudios con 72 sujetos, que incluyeron intervalos más largos mostró cambios aún mayores ($\sim 0,8-0,9$ L · min⁻¹) en el VO₂máx con evidencia de una marcada respuesta en todos los sujetos.

Para las personas atletas, generalmente los efectos del HIIT son menores con respecto a las poblaciones desentrenadas debiéndose esto al claro estado atlético (Ní Chéilleachair et al., 2017), donde los avances en las cualidades físicas son menos significativos por su alto entrenamiento. No obstante, los resultados de este meta-análisis detectaron aumento significativo en dos de tres NAF en el análisis entre grupos, incluida la población atleta, lo cual también concuerda con el meta-análisis de Boullosa et al. (2022). Esto podría deberse a que muchos de los atletas evaluados no tienen la capacidad aeróbica como un componente marcado y primordial propio de su disciplina deportiva lo cual da un margen más amplio de desarrollo de la misma, a saber: polo en canoa (Sheykhlovand et al., 2016, 2018), Jiu Jitsu brasileño (Ribeiro et al., 2015), Remo (Ní Chéilleachair et al., 2017; Yang et al., 2017), Taekwon-do (Batra y Zatoñ, 2016) y Badminton (Liu et al., 2021).

Por otro lado, para el grupo que no mostró mejoras significativas (personas físicamente activas según la definición de la OMS), y a pesar de que la evidencia muestra que no hay variables moderadoras que influyan en la respuesta de la CC aplicando ejercicio HIIT, la reserva que se debe tener en cuenta debido a este resultado lleva buscar una posible explicación para el fenómeno observado en los grupos experimentales puros.

El grupo que no mostró diferencia significativa (personas físicamente activas) en la CC equivale a seis *TE*, sus protocolos de entrenamiento HIIT (ver tabla 1) son coincidentes en: intensidad de trabajo (>85% con 6/6 *TE*), tipo de descanso (activo con 5/6 *TE*), intervalo (corto con 5/6 *TE*), y la mayoría son poblaciones mixtas (con 4/6 *TE*, las restantes son hombres 2/6 *TE*). Tanto el número de semanas de entrenamiento como el número de sesiones por semana son muy variables entre los seis tamaños de efecto. Si revisamos los protocolos HIIT de los *TE* que mostraron aumentos significativos en la CC (siete *TE* entre sujetos inicialmente sedentarios y atletas) se pueden identificar coincidencias en las variables de intensidad (>85% con 6/7), y género (hombres 4/7, los restantes son mujeres 1/7 y mixto 2/7). La variable tipo de intervalo se distribuye equitativamente entre intervalos cortos y medios, sin la presencia de intervalos largos. Las demás variables como descanso, sesiones y semanas tienen rangos amplios de variación entre los diferentes *TE*, es decir, no presentan ningún patrón.

Analizando la información anterior, se trata de identificar algún patrón que ayude a explicar los hallazgos encontrados en cuanto a los niveles de actividad física (NAF) que muestran cambios significativos en la CC y el NAF que no llegó a ser significativo.

Las variables que presentan un patrón en los diferentes NAF y que además están presentes tanto en los NAF que alcanzaron valores significativos y la que no los alcanzó son descartadas como posibles indicadores de diferencias. Esas variables son: intensidad (donde coinciden en una intensidad de >85%) y tipo de intervalos (donde coinciden en intervalos cortos y medios). Las demás variables en los protocolos no muestran ningún patrón en ningún NAF lo cual coincide con la evidencia estadística en cuanto a la no presencia de heterogeneidad.

No obstante hay una variable que es un patrón en la NAF que no alcanzó cambios significativos y que no coincide con el patrón de esa misma variable en los NAF que sí alcanzaron diferencias significativas. Esta variable es género, donde en los grupos que alcanzaron valores de cambio significativo la población es en su mayoría era de hombres con cuatro *TE*, mujeres un solo

TE y mixto un solo *TE*. Mientras que en el NAF que no alcanzó valores significativos, la población es en su mayoría mixta con cuatro *TE*, siendo los dos restantes *TE* correspondientes a hombres.

Haciendo una valoración más específica en estos *TE* para identificar algún patrón en los protocolos HIIT de los resultados solo se identifica la variable género como diferente entre los grupos experimentales puros.

A escala general, estos resultados difieren del meta-análisis de Wen et al. (2019), donde únicamente los protocolos HIIT de intervalos largos (> 2 min) con volumen alto (> 15 min) y por periodos de más de 4 y hasta 12 semanas lograron diferencias significativas ya que no se encontró evidencia estadística de influencia de variables moderadoras.

Continuando con lo expuesto anteriormente, en un reciente meta-análisis llevado a cabo por Boulosa et al. (2022) ($n = 8$, población sana, atletas o activos físicamente, de cualquier sexo, edad ≤ 40 , que entrenaran al menos 2 semanas y 6 sesiones con metodología de intervalos ≤ 10 segundos, con esfuerzo máximos o sub máximos, métodos de entrenamiento: puñetazos, remo, ejercicios funcionales, ciclismo y correr), analizó el método denominado “intervalos de sprint corto”, donde se trataba de determinar si hay un efecto significativo en el VO_2 máx en métodos de entrenamiento que utilizaran esfuerzos de muy corta duración (≤ 10 s) por un periodo mínimo de 2 semanas. Se comparó este método con tres grupos: control, HIIT y entrenamiento continuo de intensidad moderada. Se determinó que hay una mejora significativa de estos protocolos compuestos por sesiones de ejercicio de ≤ 10 s, para mejorar tanto el VO_2 máx como el rendimiento aeróbico y anaeróbico sin una diferencia significativa con el HIIT y el método continuo. Estos resultados generan controversia con otros autores que concluyen las mejoras únicamente en intervalos medios y largos como Wen et al. (2019), lo que estaría de manera implícita apoyando los resultados obtenidos por este estudio que no identificó la influencia del tipo de intervalo, ya sea este corto, moderado o largo.

Se demuestra que el HIIT funciona en cualquier NAF que tengan las personas dados los resultados generales sin embargo en los resultados con mayor validez (efecto entregrupos), se deben tener reservas con las población físicamente activa, esta reserva podría o no deberse a la evaluación e intervención mixta en cuanto al género. Cabe mencionar que se necesita mayor producción de conocimiento de esta variable y su influencia en la medición y evaluación del efecto del HIIT en la CC de personas sanas en grupos de género mixto.

Limitaciones

1. La gran variedad de estudios y poblaciones sumadas a los resultados demuestran la necesidad de trabajar en poblaciones y criterios de inclusión aún más específicos.
2. La calidad de los estudios fue variada, con artículos con puntuaciones muy altas y otras bajas. Lo anterior podría afectar los resultados.
3. Una alta heterogeneidad en los tipos de protocolos del HIIT suministrados en los estudios.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

El HIIT es eficaz para aumentar significativamente el VO_2 máx en comparación con las personas que no realizaron algún ejercicio físico y sin importar el nivel de actividad física que tenga la persona. Esta modalidad de entrenamiento aumenta la capacidad cardiorrespiratoria tanto en personas sedentarias o atletas, sin diferencias significativas en el efecto entre estos grupos.

Se debe tener reserva en cuanto a las personas físicamente activas ya que se no encontró diferencia estadísticamente significativa en el *TE* de este NAF y el grupo control.

No se determinó heterogeneidad estadística lo cual indica que no hay influencia de una variable moderadora en los protocolos HIIT para obtener mayores mejoras en el VO_2 máx .

El análisis de sesgo denota la presencia de sesgo de publicación, se procede a su respectiva corrección, arrojando resultados corregidos y muy similares validando la información obtenida.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

A pesar de los resultados expuestos, el HIIT es una modalidad de entrenamiento que debe ser prescrita por un profesional y que no es aplicable para todo tipo de personas, se debe tener una evaluación exhaustiva para su determinación, programación y prescripción. Esto debido a su alta intensidad de ejecución y en algunos casos a que conlleva ejercicios de alto impacto.

Aunque en los estudios se indique en personas sedentarias, el HIIT se recomienda para personas intermedias o avanzadas con mayor conocimiento de su cuerpo, patologías, respuestas fisiológicas y técnica.

Se debe tomar con cautela la aplicación del HIIT, ya que se desconoce su efecto a largo plazo. Siendo lo anterior una futura investigación que venga a llenar vacíos en el conocimiento del HIIT.

La metodología y progresión es ideal de HIIT como método para mejorar el VO_2 máx para los distintos NAF recomendada para personas sanas de entre 18 y 45 años según la literatura revisada y los resultados del presente meta-análisis y revisión sistemática es:

- a. Sedentarios: Realizar mínimo 2 semanas con 1 a 2 sesiones de entrenamiento semanales a una intensidad del 85% de la frecuencia cardiaca máxima (FCM) o VO_2 máx con al menos 72 horas de espacio entre sesiones. Realizar ejercicios de bajo impacto, de 5 a 8 series de ≤ 10 segundos (aumentando el tiempo hasta 60 segundos según cada caso y con progresiones cada dos semanas) con descansos totales de entre 30 segundos y un minuto.
- b. Físicamente activos: Realizar mínimo 2 semanas con 3 a 4 sesiones de entrenamiento semanales a una intensidad del 85-90% de la FCM o VO_2 máx. Realizar de 8 a 12 series de entre 10 y 60 segundos (aumentando el tiempo hasta 120 segundos según cada caso y con progresiones cada dos semanas) con descansos totales o activos de entre 30 segundos y un minuto.
- c. Atletas: Realizar mínimo 2 semanas con 3 a 4 sesiones de entrenamiento semanales a una intensidad del 90% - 100% o supra máximo (hasta 120%) de FCM o VO_2 máx. Realizar de 8 a 16 series de 10 y 60 segundos (aumentando el tiempo hasta 120 segundos según cada caso y

con progresiones cada dos semanas) con descansos totales o activos de entre 30 segundos y un minuto.

Recomendar futuras investigaciones, se identifica la necesidad de producir conocimiento al respecto del efecto del HIIT a largo plazo (meses, años). Además, de más investigación en sujetos sedentarios expuestos al HIIT en modelos de investigación experimental puro. También, se debe considerar determinar la efectividad del HIIT comparando ejercicios de alto y bajo impacto. Además, de realizar un trabajo en atletas que distinga si hay diferencias en los resultados del HIIT entre deportes de predominancia aeróbica que deportes que no explotan tanto este sistema energético.

Es importante, dados los resultados, sugerir la investigación enfocada en la valoración de la CC entre grupos de género masculino, femenino y mixtos, es decir, determinar si existe alguna diferencia o efecto en los *TE* de grupos con estas características.

REFERENCIAS

- Aamot, I., Karlsen, T., Dalen, H., y Støylen, A. (2016). Long-term Exercise Adherence After High-intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Study. *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, 21(1), 54-64. <https://doi.org/10.1002/pri.1619>
- Afonso, J., Ramírez-Campillo, R., Clemente, F., Büttner, F., y Andrade, R. (2024). The Perils of Misinterpreting and Misusing “Publication Bias” in Meta-analyses: An Education Review on Funnel Plot-Based Methods. *Sports Medicine*, 54, 257-269. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01927-9>
- American Heart Association. (2020). *American Heart Association Recommendations for Physical Activity in Adults and Kids*. [www.Heart.Org. https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/aha-recs-for-physical-activity-in-adults](https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/aha-recs-for-physical-activity-in-adults)
- Angoorani, H., Basharkhah, A., Mazaherinezhad, A., y Nazari, A. (2021). Evaluation of Cardiorespiratory Fitness and Its Correlation with Team Performance, Player Position and Physical Characteristics in the Soccer Premium League of Iran. *Asian Journal of Sports Medicine*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.5812/asjms.109724>
- Arboleda, V. H., Feito, Y., Patiño, F. A., Vargas, A. V., y Arango, E. F. (2019). Effects of high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on maximal oxygen consumption and blood pressure in healthy men: A randomized controlled trial. *Biomédica*, 39(3), Article 3. <https://doi.org/10.7705/biomedica.4451>
- Astorino, T. A., Allen, R. P., Roberson, D. W., y Jurancich, M. (2012). Effect of High-Intensity Interval Training on Cardiovascular Function, $\dot{V}O_{2max}$, and Muscular Force. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 26(1), 138. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318218dd77>
- Astorino, T. A., deRevere, J., Anderson, T., Kellogg, E., Holstrom, P., Ring, S., y Ghaseb, N. (2018). Change in VO_{2max} and time trial performance in response to high-intensity interval training prescribed using ventilatory threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 118(9), 1811-1820. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3910-3>
- Astorino, T. A., Edmunds, R. M., Clark, A., King, L., Gallant, R. A., Namm, S., Fischer, A., y Wood, K. M. (2017). High-Intensity Interval Training Increases Cardiac Output and $V'O_{2max}$. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 49(2), 265. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001099>

- Atakan, M. M., Güzel, Y., Bulut, S., Koşar, Ş. N., McConell, G. K., y Turnagöl, H. H. (2021). Six high-intensity interval training sessions over 5 days increases maximal oxygen uptake, endurance capacity, and sub-maximal exercise fat oxidation as much as 6 high-intensity interval training sessions over 2 weeks. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 478-487. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.008>
- Atakan, M. M., Li, Y., Koşar, Ş. N., Turnagöl, H. H., y Yan, X. (2021). Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/ijerph18137201>
- Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., y Joyner, M. J. (2013). VO₂max Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 8(9), e73182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073182>
- Bækkerud, F. H., Solberg, F., Leinan, I. M., Wisløff, U., Karlsen, T., y Rognmo, Ø. (2016). Comparison of Three Popular Exercise Modalities on V̇O₂max in Overweight and Obese. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 491-498. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000777>
- Bahls, M., Ittermann, T., Ewert, R., Stubbe, B., Völzke, H., Friedrich, N., Felix, S. B., y Dörr, M. (2021). Physical activity and cardiorespiratory fitness-A ten-year follow-up. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 31(3), 742-751. <https://doi.org/10.1111/sms.13882>
- Bartlett, J. D., Close, G. L., MacLaren, D. P. M., Gregson, W., Drust, B., y Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 547-553. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.545427>
- Bassett, D. R., y Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., y Fenning, A. S. (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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841>

- Batra, A., y Zatoń, M. (2016). Effect of high intensity interval training on cardiopulmonary function in Taekwon-do ITF athletes. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 7(1), 73-79. <https://doi.org/10.5604/20815735.1225636>
- Becker, B. (1988). Synthesizing standardized mean-change measures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 41(2), 257-278. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1988.tb00901.x>
- Ben Abderrahman, A., Zouhal, H., Chamari, K., Thevenet, D., de Mullenheim, P.-Y., Gastinger, S., Tabka, Z., y Prioux, J. (2013). Effects of recovery mode (active vs. passive) on performance during a short high-intensity interval training program: A longitudinal study. *European Journal of Applied Physiology*, 113(6), 1373-1383. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2556-9>
- Benda, N. M. M., Seeger, J. P. H., Stevens, G. G. C. F., Hijmans-Kersten, B. T. P., Dijk, A. P. J. van, Bellersen, L., Lamfers, E. J. P., Hopman, M. T. E., y Thijssen, D. H. J. (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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141256>
- Bennett, H., y Slattery, F. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Aerobic Capacity and Performance: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 572-583. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002963>
- Blair, S., Kohl, H., Barlow, C., Paffenbarger, R., Gibbons, L., y Macera, C. (1995). Changes in Physical Fitness and All-Cause Mortality: A Prospective Study of Healthy and Unhealthy Men. *JAMA*, 273(14), 1093-1098. <https://doi.org/10.1001/jama.1995.03520380029031>
- Borestein, M., Hedges, L., Higgins, J., y Rothstein, H. (2009). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley y Sons (Ed.).
- Bouchard, C., An, P., Rice, T., Skinner, J. S., Wilmore, J. H., Gagnon, J., Pérusse, L., Leon, A. S., y Rao, D. C. (1999). Familial aggregation of VO₂(max) response to exercise training: Results from the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 87(3), 1003-1008. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.87.3.1003>
- Boullosa, D., Dragutinovic, B., Feuerbacher, J. F., Benítez, S., Coyle, E. F., y Schumann, M. (2022). Effects of short sprint interval training on aerobic and anaerobic indices: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 32(5), 810-820. <https://doi.org/10.1111/sms.14133>

- Buchheit, M., y Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(5), 313-338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Byrd, B. R., Keith, J., Keeling, S. M., Weatherwax, R. M., Nolan, P. B., Ramos, J. S., y Dalleck, L. C. (2019). Personalized Moderate-Intensity Exercise Training Combined with High-Intensity Interval Training Enhances Training Responsiveness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2088. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122088>
- Chidnok, W., Wadthaisong, M., Iamsongkham, P., Mheonprayoon, W., Wirajalarbha, W., Thitiwuthikiat, P., Siriwittayawan, D., Vachirasrisirikul, S., y Nuamchit, T. (2020). Effects of high-intensity interval training on vascular function and maximum oxygen uptake in young sedentary females. *International Journal of Health Sciences*, 14(1), 3-8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6968882/>
- Christensen, P., Jacobs, R. A., Bonne, T., Flück, D., Bangsbo, J., y Lundby, C. (2016). A short period of high-intensity interval training improves skeletal muscle mitochondrial function and pulmonary oxygen uptake kinetics. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 120(11), 1319-1327. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00115.2015>
- Christensen, R., Arneja, J., Cyr, K. S., Sturrock, S. L., y Brooks, J. D. (2021). The association of estimated cardiorespiratory fitness with COVID-19 incidence and mortality: A cohort study. *PLOS ONE*, 16(5), e0250508. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250508>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2^a ed). Lawrence Erlbaum.
- Crowley, S. K., Rebellon, J., Huber, C., Leonard, A. J., Henderson, D., y Magal, M. (2020). Cardiorespiratory fitness, sleep, and physiological responses to stress in women. *European Journal of Sport Science*, 20(10), 1368-1377. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1716855>
- Curcic, D., Stojmenovic, T., Djukic, S., Dikic, N., Vesic, M., Radivojevic, N., Andjelkovic, M., Borovcanin, M., y Djokic, G. (2017). Positive impact of prescribed physical activity on symptoms of schizophrenia: Randomized clinical trial. *Psychiatria Danubina*, 29(4), 459-465. <https://doi.org/10.24869/psyd.2017.459>
- Curto, D., Pinto, R., Espada, M., Infante, J., Alves, F., y Reis, J. (2019, junio 17). *Is low volume HIIT enough to induce changes in oxygen uptake kinetics?* https://www.researchgate.net/publication/336927675_Is_low_volume_HIIT_enough_to_induce_changes_in_oxygen_uptake_kinetics

- da Silva, D. G., Costa, E. C., Ray, H., Beale, L., Chatzisarantis, N. L. D., de Farias, L. F., y Hardcastle, S. J. (2019). Short-Term Psychological and Physiological Effects of Varying the Volume of High-Intensity Interval Training in Healthy Men. *Perceptual and Motor Skills*, 126(1), 119-142. <https://doi.org/10.1177/0031512518809734>
- da Silva, V. P., de Oliveira, N. A., Silveira, H., Mello, R. G. T., y Deslandes, A. C. (2015). Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: A systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology: The Official Journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc*, 20(2), 108-118. <https://doi.org/10.1111/anec.12237>
- de Matos, M. A., Vieira, D. V., Pinhal, K. C., Lopes, J. F., Dias, M. F., Pauli, J. R., de Castro Magalhães, F., Little, J. P., Rocha-Vieira, E., y Amorim, F. T. (2018). High-Intensity Interval Training Improves Markers of Oxidative Metabolism in Skeletal Muscle of Individuals With Obesity and Insulin Resistance. *Frontiers in Physiology*, 9, 1451. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01451>
- de Oliveira, S. G., Castro, A., Sardeli, A. V., Cavaglieri, C. R., y Chacon, M. P. T. (2021). HIIT vs. SIT: What Is the Better to Improve $\dot{V}O_2\text{max}$? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413120>
- De Revere, J. L., Clausen, R. D., y Astorino, T. A. (2021). Changes in $VO_2\text{max}$ and cardiac output in response to short-term high-intensity interval training in Caucasian and Hispanic young women: A pilot study. *PloS One*, 16(1), e0244850. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244850>
- Doyon, C. Y., Colley, R. C., Clarke, J., Janssen, I., Timmons, B. W., Tomkinson, G. R., Tremblay, M. S., y Lang, J. J. (2021). Trends in physical fitness among Canadian adults, 2007 to 2017. *Health Reports*, 32(11), 3-15. <https://doi.org/10.25318/82-003-x202101100001-eng>
- Dun, Y., Smith, J. R., Liu, S., y Olson, T. P. (2019). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Clinics in geriatric medicine*, 35(4), 469-487. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.07.011>
- Dunham, C., y Harms, C. A. (2012). Effects of high-intensity interval training on pulmonary function. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 3061-3068. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2285-5>
- Durlak, J. A. (2009). How to Select, Calculate, and Interpret Effect Sizes. *Journal of Pediatric Psychology*, 34(9), 917-928. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsp004>

- Duval, S., y Tweedie, R. (2000). Trim and Fill: A Simple Funnel-Plot–Based Method of Testing and Adjusting for Publication Bias in Meta-Analysis. *Biometrics*, 56(2), 455-463. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2000.00455.x>
- Ellis, P. D. (2010). *The Essential Guide to Effect Sizes: Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results*. Cambridge University Press.
- Etxebarria, N., Anson, J. M., Pyne, D. B., y Ferguson, R. A. (2014). High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European Journal of Sport Science*, 14(6), 521-529. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.853841>
- Ezzatvar, Y., Ramírez-Vélez, R., Sáez de Asteasu, M. L., Martínez-Velilla, N., Zambom-Ferraresi, F., Lobelo, F., Izquierdo, M., y García-Hermoso, A. (2021). Cardiorespiratory fitness and all-cause mortality in adults diagnosed with cancer systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 31(9), 1745-1752. <https://doi.org/10.1111/sms.13980>
- Ferley, D. D., Osborn, R. W., y Vukovich, M. D. (2013). The effects of uphill vs. Level-grade high-intensity interval training on VO₂max, V_{max}, V(LT), and T_{max} in well-trained distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1549-1559. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182736923>
- Gálvez, A., Rodríguez, P. L., García, E., Rosa, A., Pérez, J. J., Tarraga, L., y Tarraga, P. (2015). Capacidad aeróbica y calidad de vida en escolares de 8 a 12 años. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 27(5), 239-245. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2015.01.001>
- Gayda, M., Ribeiro, P. A. B., Juneau, M., y Nigam, A. (2016). Comparison of Different Forms of Exercise Training in Patients With Cardiac Disease: Where Does High-Intensity Interval Training Fit? *Canadian Journal of Cardiology*, 32(4), 485-494. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.01.017>
- Gibala, M. (2009). Molecular responses to high-intensity interval exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 34(3), 428-432. <https://doi.org/10.1139/H09-046>
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., y Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077-1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Gibala, Martin., y McGee, Sean. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: A little pain for a lot of gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58-63. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318168ec1f>

- Gibbons, R. D., Hedeker, D. R., y Davis, J. M. (1993). Estimation of Effect Size From a Series of Experiments Involving Paired Comparisons. *Journal of Educational Statistics*, 18(3), 271-279. <https://doi.org/10.3102/10769986018003271>
- Gojanovic, B., Shultz, R., Feihl, F., y Matheson, G. (2015). Overspeed HIIT in Lower-Body Positive Pressure Treadmill Improves Running Performance. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 47(12), 2571. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000707>
- Gripp, F., Nava, R. C., Cassilhas, R. C., Esteves, E. A., Magalhães, C. O. D., Dias, M. F., de Castro, F., y Amorim, F. T. (2021). HIIT is superior than MICT on cardiometabolic health during training and detraining. *European Journal of Applied Physiology*, 121(1), 159-172. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04502-6>
- Grisalez, A. A. D., Quiceno, C. A. M., Herrera, A. L. C., y Corrales, J. L. H. (2021). Efecto de un programa de entrenamiento interválico aeróbico de alta intensidad en población escolar femenina con sobrepeso u obesidad (Effect of a high intensity aerobic interval training program on an overweight or obese female school population). *Retos*, 39, 453-458. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78200>
- Grissom, R., y Kim, J. (2012). *Effect Sizes for Research: Univariate and Multivariate Applications* (2ª ed). Routledge. <https://www.routledge.com/Effect-Sizes-for-Research-Univariate-and-Multivariate-Applications-Second-Edition/Grissom-Kim/p/book/9780415877695>
- Guadalupe, A., Fernández, V. E., Ortega, J. F., Dela, F., Helge, J. W., y Mora-Rodriguez, R. (2018). Effects of 6-month aerobic interval training on skeletal muscle metabolism in middle-aged metabolic syndrome patients. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 28(2), 585-595. <https://doi.org/10.1111/sms.12881>
- Guijarro, S., Mayorga, D., Casado, C., y Viciano, J. (2020). Una unidad didáctica intermitente de acondicionamiento físico solo mejora los niveles de capacidad cardiorrespiratoria de los estudiantes con un perfil no saludable de condición física (An intermittent physical fitness teaching unit only improves cardior. *Retos*, 38, 8-15. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.73605>
- Hatle, H., Støbakk, P. K., Mølmen, H. E., Brønstad, E., Tjønn, A. E., Steinshamn, S., Skogvoll, E., Wisløff, U., Ingul, C. B., y Rognmo, Ø. (2014). Effect of 24 Sessions of High-Intensity Aerobic Interval Training Carried out at Either High or Moderate Frequency, a Randomized Trial. *PLOS ONE*, 9(2), e88375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088375>

- Hebisz, P., Hebisz, R., Zatoń, M., Ochmann, B., y Mielnik, N. (2016). Concomitant application of sprint and high-intensity interval training on maximal oxygen uptake and work output in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 116(8), 1495-1502. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3405-z>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., y Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 665-671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Hellsten, Y., y Nyberg, M. (2015). Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Comprehensive Physiology*, 6(1), 1-32. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140080>
- Hernandez, A. V., Marti, K. M., y Roman, Y. M. (2020). Meta-Analysis. *CHEST*, 158(1), S97-S102. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.003>
- Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., y Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Høydal, K., y Svein, H. (2016). Evaluating and comparing the effect of high intensity interval training vs. Low intense, longer-lasting training on endurance performance in recreational runners. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 28(2), 101-110. <https://doi.org/DOI:10.24985/ijass.2016.28.2.101>
- Islam, H., Siemens, T. L., Matusiak, J. B. L., Sawula, L., Bonafiglia, J. T., Preobrazenski, N., Jung, M. E., y Gurd, B. J. (2020). Cardiorespiratory fitness and muscular endurance responses immediately and 2 months after a whole-body Tabata or vigorous-intensity continuous training intervention. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(6), 650-658. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0492>
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., y Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 16(11), 942-961. <https://doi.org/10.1111/obr.12317>
- Kavaliuskas, M., Steer, T. P., y Babraj, J. A. (2017). Cardiorespiratory fitness and aerobic performance adaptations to a 4-week sprint interval training in young healthy untrained females. *Sport Sciences for Health*, 13(1), 17-23. <https://doi.org/10.1007/s11332-016-0313-x>

- Kelly, D. T., Cregg, C. J., O'Connor, P. L., Cullen, B. D., y Moyna, N. M. (2021). Physiological and performance responses of sprint interval training and endurance training in Gaelic football players. *European Journal of Applied Physiology*, 121(8), 2265-2275. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04699-0>
- Kent, M. (2003). *Diccionario Oxford de medicina y ciencias del deporte*. Editorial Paidotribo.
- Kilen, A., Larsson, T. H., Jørgensen, M., Johansen, L., Jørgensen, S., y Nordsborg, N. B. (2014). Effects of 12 Weeks High-Intensity y Reduced-Volume Training in Elite Athletes. *PLoS ONE*, 9(4), 1-8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095025>
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., y 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>
- Kuo, Feng, Nai, y Chia. (2020). Cardiorespiratory fitness and agility after 2-week high-intensity footwork interval training in badminton players. *Journal of Sports Science y Physical Education (JSSPE)*, 53(1), 45-59. [https://doi.org/10.6222/pej.202003_53\(1\).0003](https://doi.org/10.6222/pej.202003_53(1).0003)
- Lambrich, J., y Muehlbauer, T. (2022). Physical fitness and stroke performance in healthy tennis players with different competition levels: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 17(6), e0269516. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269516>
- Lan, C., Liu, Y., y Wang, Y. (2022). Effects of different exercise programs on cardiorespiratory fitness and body composition in college students. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 20(1), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.12.004>
- Laursen, P., Shing, C., Peake, J., Coombes, J. S., y Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 34(11), 1801. https://www.researchgate.net/publication/292126957_Interval_training_program_optimization_in_highly_trained_endurance_cyclists
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., y Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

- Liu, H., Leng, B., Li, Q., Liu, Y., Bao, D., y Cui, Y. (2021). The Effect of Eight-Week Sprint Interval Training on Aerobic Performance of Elite Badminton Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 638. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020638>
- Looney, M., Feltz, C., y Vanvleet, C. (1994). The Reporting and Analysis of Research Findings for Within-Subject Designs: Methodological Issues for Meta-Analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(4), 363-366. <https://doi.org/10.1080/02701367.1994.10607641>
- Lopategui, E. (2001). Introducción a la medicina del deporte, fisiología del ejercicio y aptitud física. *Medicina del deporte, fisiología del ejercicio y aptitud física*. <http://www.saludmed.com/CsEjerci/FisioEje/Apt-Fi-I.html>
- López, J., y Fernández, A. (2010). *Fisiología del ejercicio* (3ª ed., 2ª reimp). Médica Panamericana.
- Lu, Y., Wiltshire, H. D., Baker, J. S., y Wang, Q. (2021). The Effects of Running Compared with Functional High-Intensity Interval Training on Body Composition and Aerobic Fitness in Female University Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11312. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111312>
- MacInnis, M. J., y Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Macpherson, T. W., y Weston, M. (2015). The Effect of Low-Volume Sprint Interval Training on the Development and Subsequent Maintenance of Aerobic Fitness in Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(3), 332-338. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0075>
- Mallol, M., Norton, L., Bentley, D. J., Mejuto, G., Norton, K., y Yanci, J. (2020). Physiological Response Differences between Run and Cycle High Intensity Interval Training Program in Recreational Middle Age Female Runners. *Journal of Sports Science y Medicine*, 19(3), 508-516. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7429439/>
- Mammen, G., y Faulkner, G. (2013). Physical activity and the prevention of depression: A systematic review of prospective studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(5), 649-657. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.08.001>
- Martínez, E. (2002). *Pruebas de aptitud física*. Paidotribo.
- Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Shimojo, N., Matsushita, A., Iemitsu, M., Ohshima, H., Tanaka, K., y Mukai, C. (2014a). Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO₂max and cardiac

- mass. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(1), 42-50.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a38da8>
- Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Shimojo, N., Matsushita, A., Iemitsu, M., Ohshima, H., Tanaka, K., y Mukai, C. (2014b). Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO₂max and cardiac mass. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(1), 42-50.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a38da8>
- Meneses, M., y Monge, M. de los A. (1999). Actividad física y recreación. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 8(15), 16-24. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14291999000200003yscript=sci_abstract
- Menz, V., Marterer, N., Amin, S. B., Faulhaber, M., Hansen, A. B., y Lawley, J. S. (2019). Functional Vs. Running Low-Volume High-Intensity Interval Training: Effects on VO₂max and Muscular Endurance. *Journal of Sports Science y Medicine*, 18(3), 497-504.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6683610/>
- Menz, V., Strobl, J., Faulhaber, M., Gatterer, H., y Burtscher, M. (2015). Effect of 3-week high-intensity interval training on VO₂max, total haemoglobin mass, plasma and blood volume in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2349-2356.
<https://doi.org/10.1007/s00421-015-3211-z>
- Milanović, Z., Sporiš, G., y Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469-1481.
<https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- Molmen, H. E., Stolen, T., Tjonna, A. E., Aamot, I. L., Ekeberg, I. S., Tyldum, G. A., Wisloff, U., Ingul, C. B., y Stoylen, A. (2012). Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19(2), 151-160. <https://doi.org/10.1177/1741826711400512>
- Montero, D., Diaz, C., y Lundby, C. (2015). Endurance Training and V'O₂max: Role of Maximal Cardiac Output and Oxygen Extraction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(10), 2024-2033.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000640>
- Murawska-Ciałowicz, E., de Assis, G. G., Clemente, F. M., Feito, Y., Stastny, P., Zuwała-Jagiełło, J., Bibrowicz, B., y Wolański, P. (2021). Effect of four different forms of high intensity training on

- BDNF response to Wingate and Graded Exercise Test. *Scientific Reports*, 11(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88069-y>
- Naves, J. P. A., Rebelo, A. C. S., Silva, L. R. B. E., Silva, M. S., Ramirez-Campillo, R., Ramírez-Vélez, R., y Gentil, P. (2019). Cardiorespiratory and perceptual responses of two interval training and a continuous training protocol in healthy young men. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 653-660. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1548650>
- Ní Chéilleachair, N. J., Harrison, A. J., y Warrington, G. D. (2017). HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1052-1058. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1209539>
- Nurhasanah, L., y Wahyudati, S. (2020). The Effect of Additional Air Stacking Exercise on VO2 Max A Study on Elderly with Restrictive Pulmonary Disorder Who Had Deep Breathing Exercise. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 16 Supp 14-December 2020, 2636-9346. https://www.researchgate.net/publication/347992664_The_Effect_of_Additional_Air_Stacking_Exercise_on_VO2_Max_A_Study_on_Elderly_with_Restrictive_Pulmonary_Disorder_Who_Had_Deep_Breathing_Exercise
- Orland, Y., Beeri, M. S., Levy, S., Israel, A., Ravona-Springer, R., Segev, S., y Elkana, O. (2021). Physical fitness mediates the association between age and cognition in healthy adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(5), 1359-1366. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01621-0>
- Ortega, F. B., Campos, D., Cadenas-Sanchez, C., Altmäe, S., Martínez-Zaldívar, C., Martín-Matillas, M., Catena, A., y Campoy, C. (2019). Physical fitness and shapes of subcortical brain structures in children. *The British Journal of Nutrition*, 122(s1), S49-S58. <https://doi.org/10.1017/S0007114516001239>
- Ortiz, M., Greco, C. C., de Mello, M. T., y Denadai, B. (2006). Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO2 max: Effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 31(6), 737-743. <https://doi.org/10.1139/h06-080>
- Paquette, M., Le Blanc, O., Lucas, S. J. E., Thibault, G., Bailey, D. M., y Brassard, P. (2017). Effects of submaximal and supramaximal interval training on determinants of endurance performance in endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 27(3), 318-326. <https://doi.org/10.1111/sms.12660>

- Pepera, G., Hadjiandrea, S., Iliadis, I., Sandercock, G. R. H., y Batalik, L. (2022). Associations between cardiorespiratory fitness, fatness, hemodynamic characteristics, and sedentary behaviour in primary school-aged children. *BMC Sports Science, Medicine y Rehabilitation*, *14*(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00411-7>
- Petersen, C., Eriksen, L., Dahl, I., Aadahl, M., y Tolstrup, J. (2021). Self-rated physical fitness and measured cardiorespiratory fitness, muscular strength, and body composition. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, *31*. <https://doi.org/10.1111/sms.13918>
- Prasertsri, P., y Padkao, T. (2021). Efficacy of high-intensity interval resistance training on pulmonary function and respiratory muscle strength in university athletes. *Journal of Exercise Physiology Online*, *24*, 93-105. https://www.researchgate.net/publication/351461820_Efficacy_of_high-intensity_interval_resistance_training_on_pulmonary_function_and_respiratory_muscle_strength_in_university_athletes
- Raleigh, J. P., Giles, M. D., Islam, H., Nelms, M., Bentley, R. F., Jones, J. H., Neder, J. A., Boonstra, K., Quadrilatero, J., Simpson, C. A., Tschakovsky, M. E., y Gurd, B. J. (2018). Contribution of central and peripheral adaptations to changes in maximal oxygen uptake following 4 weeks of sprint interval training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *43*(10), 1059-1068. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0864>
- Ramírez-Vélez, R., Hernández-Quñones, P. A., Tordecilla-Sanders, A., Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Izquierdo, M., Correa-Bautista, J. E., Garcia-Hermoso, A., y Garcia, R. G. (2019). Effectiveness of HIIT compared to moderate continuous training in improving vascular parameters in inactive adults. *Lipids in Health y Disease*, *18*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0981-z>
- Rankovic, G., Mutavdzic, V., Toskic, D., Preljevic, A., Kocic, M., Nedin Rankovic, G., y Damjanovic, N. (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, *10*(1), 44-48. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2010.2734>
- Ravé, G., y Fortrat, J.-O. (2016). Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(8), 1575-1582. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3416-9>
- Ribeiro, R., Silva, J., Dantas, M., Menezes, E., Arruda, A., y Schwingel, P. (2015). High-intensity interval training applied in Brazilian Jiu-jitsu is more effective to improve athletic performance and body composition. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, *6*, 1-5. <https://doi.org/10.5604/20815735.1166073>

- Ringquist, E. (2013). *Meta-Analysis for public management an policy*. John Wiley y Sons, Incorporated.
- Rivas-Ruiz, R., Castelán-Martínez, O. D., Pérez-Rodríguez, M., Palacios-Cruz, L., Noyola-Castillo, M. E., y Talavera, J. O. (2014). Del juicio clínico a los metaanálisis: From clinical judgment to meta-analyses. *Revista Medica del IMSS*, 52(5), 558-565. <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2014/im145r.pdf>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Nygaard, H., y Lundby, C. (2020). Superior performance improvements in elite cyclists following short-interval vs effort-matched long-interval training. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 30(5), 849-857. <https://doi.org/10.1111/sms.13627>
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J.-P., Franklin, B. A., Haskell, W. L., Kaminsky, L. A., Levine, B. D., Lavie, C. J., Myers, J., Niebauer, J., Sallis, R., Sawada, S. S., Sui, X., y Wisløff, U. (2016). Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 134(24), e653-e699. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000461>
- Saanijoki, T., Nummenmaa, L., Eskelinen, J.-J., Savolainen, A. M., Vahlberg, T., Kalliokoski, K. K., y Hannukainen, J. C. (2015). Affective Responses to Repeated Sessions of High-Intensity Interval Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(12), 2604-2611. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000721>
- Santana, C. C. A., Azevedo, L. B., Cattuzzo, M. T., Hill, J. O., Andrade, L. P., y Prado, W. L. (2017). Physical fitness and academic performance in youth: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, 27(6), 579-603. <https://doi.org/10.1111/sms.12773>
- Schubert, M. M., Clarke, H. E., Seay, R. F., y Spain, K. K. (2017). Impact of 4 weeks of interval training on resting metabolic rate, fitness, and health-related outcomes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(10), 1073-1081. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0268>
- Shephard, R. (2000). *Gender, Physical Activity, and Aging* (1st Edition). CRC Press. <https://www.routledge.com/Gender-Physical-Activity-and-Aging/Shephard/p/book/9780367397012>
- Sheykhlovand, M., Gharaat, M., Khalili, E., y Agha-Alinejad, H. (2016). The effect of high-intensity interval training on ventilatory threshold and aerobic power in well-trained canoe polo athletes. *Science y Sports*, 31(5), 283-289. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.02.007>
- Sheykhlovand, M., Gharaat, M., Khalili, E., Agha-Alinejad, H., Rahmaninia, F., y Arazi, H. (2018). Low-Volume High-Intensity Interval Versus Continuous Endurance Training: Effects on Hematological

- and Cardiorespiratory System Adaptations in Professional Canoe Polo Athletes. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 32(7), 1852. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002112>
- Shi, L., y Lin, L. (2019). The trim-and-fill method for publication bias: Practical guidelines and recommendations based on a large database of meta-analyses. *Medicine*, 98(23), e15987. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015987>
- Silva, R., Damasceno, M., Cruz, R., Silva, M. D., Lima, A. E., Bishop, D. J., y Bertuzzi, R. (2017). Effects of a 4-week high-intensity interval training on pacing during 5-km running trial. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research = Revista Brasileira De Pesquisas Medicas E Biologicas*, 50(12), e6335. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20176335>
- Simoneau, J. A., Lortie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., Thibault, M. C., y Bouchard, C. (1985). Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(3), 250-253. <https://doi.org/10.1007/BF00426141>
- Slørdahl, S. A., Wang, E., Hoff, J., Kemi, O. J., Amundsen, B. H., y Helgerud, J. (2005). Effective training for patients with intermittent claudication. *Scandinavian Cardiovascular Journal: SCJ*, 39(4), 244-249. <https://doi.org/10.1080/14017430510035844>
- Spee, R., Niemeijer, V. M., Wijn, P. F., Doevendans, P. A., y Kemps, H. M. (2016). Effects of high-intensity interval training on central haemodynamics and skeletal muscle oxygenation during exercise in patients with chronic heart failure. *European Journal of Preventive Cardiology*, 23(18), 1943-1952. <https://doi.org/10.1177/2047487316661615>
- Sultana, R. N., Sabag, A., Keating, S. E., y Johnson, N. A. (2019). The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(11), 1687-1721. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01167-w>
- Syamsudin, F., Wungu, C., Qurnianingsih, E., y Herawati, L. (2021). High-intensity interval training for improving maximum aerobic capacity in women with sedentary lifestyle: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Physical Education and Sport*, 21, 1788-1797. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.04226>
- Tan, R., Nederveen, J. P., Gillen, J. B., Joannisse, S., Parise, G., Tarnopolsky, M. A., y Gibala, M. J. (2018). Skeletal muscle fiber-type-specific changes in markers of capillary and mitochondrial content after

- low-volume interval training in overweight women. *Physiological Reports*, 6(5), e13597.
<https://doi.org/10.14814/phy2.13597>
- Tanaka, H., y Seals, D. R. (2008). Endurance exercise performance in Masters athletes: Age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *The Journal of Physiology*, 586(1), 55-63.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.141879>
- Tasoulis, A., Papazachou, O., Dimopoulos, S., Gerovasili, V., Karatzanos, E., Kyprianou, T., Drakos, S., Anastasiou-Nana, M., Roussos, C., y Nanas, S. (2010). Effects of interval exercise training on respiratory drive in patients with chronic heart failure. *Respiratory Medicine*, 104(10), 1557-1565.
<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.03.009>
- Tomkinson, G. R., Carver, K. D., Atkinson, F., Daniell, N. D., Lewis, L. K., Fitzgerald, J. S., Lang, J. J., y Ortega, F. B. (2018). European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9-17 years: Results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *British Journal of Sports Medicine*, 52(22), 1445-14563. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098253>
- Trejos, J., y Araya, F. (2019). Adaptaciones cardiovasculares del entrenamiento interválico de alta intensidad en pacientes con insuficiencia cardíaca. *Rev. costarric. cardiol*, 28-36.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422019000100028
- Uth, N., Sørensen, H., Overgaard, K., y Pedersen, P. K. (2004). Estimation of VO₂max from the ratio between HR_{max} and HR_{rest}—The Heart Rate Ratio Method. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 111-115. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0988-y>
- Vaccari, F., Fiori, F., Bravo, G., Parpinel, M., Messina, G., Malavolta, R., y Lazzar, S. (2021). Physical fitness reference standards in Italian children. *European Journal of Pediatrics*, 180(6), 1789-1798.
<https://doi.org/10.1007/s00431-021-03946-y>
- Varghese, M. (2022). *Aerobic training for players*. Manojvm Publishing House.
- Vieira, E., Aidar, F., Santos, L., Silva, W., Estevam, C., Santos, J., Marçal, A., y De Araujo, S. (2019). The Effects of High-Intensity Interval Training on VO₂ max in Different Groups: A Review. *Journal of Exercise Physiology Online*, 22, 142-153.
https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineAUGUST2019_Vieira_Marcal.pdf
- Warburton, D. E. R., Haykowsky, M. J., Quinney, H. A., Blackmore, D., Teo, K. K., Taylor, D. A., McGavock, J., y Humen, D. P. (2004). Blood volume expansion and cardiorespiratory function: Effects of training modality. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 991-1000.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128163.88298.cb>

- Way, K. L., Vidal-Almela, S., Keast, M.-L., Hans, H., Pipe, A. L., y Reed, J. L. (2020). The feasibility of implementing high-intensity interval training in cardiac rehabilitation settings: A retrospective analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 12(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00186-9>
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., y Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO2max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(8), 941-947. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.01.013>
- White, D. A., Rothenberger, S. D., Hunt, L. A., y Goss, F. L. (2016). Comparison of Affect and Cardiorespiratory Training Responses Between Structured Gym Activities and Traditional Aerobic Exercise in Children. *International Journal of Exercise Science*, 9(1), 16-25. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4831848/>
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø., y Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(3), 139-146. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181aa65fc>
- Wouters, M., Evenhuis, H. M., y Hilgenkamp, T. I. M. (2020). Physical fitness of children and adolescents with moderate to severe intellectual disabilities. *Disability and Rehabilitation*, 42(18), 2542-2552. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1573932>
- Wu, Z.-J., Han, C., Wang, Z.-Y., y Li, F.-H. (2024). Combined training prescriptions for improving cardiorespiratory fitness, physical fitness, body composition, and cardiometabolic risk factors in older adults: Systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Science y Sports*, 39(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.03.015>
- Yang, M.-T., Lee, M.-M., Hsu, S.-C., y Chan, K.-H. (2017). Effects of high-intensity interval training on canoeing performance. *European Journal of Sport Science*, 17(7), 814-820. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1314553>

ANEXOS

ANEXO I

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no	si	donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no	si	donde:
3. La asignación fue oculta	no	si	donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no	si	donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no	si	donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no	si	donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no	si	donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no	si	donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”	no	si	donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no	si	donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no	si	donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible “ponderar” los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“generalizabilidad” o “aplicabilidad” del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la “validez” de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la “calidad” de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Todos los criterios **Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente**. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.

- Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
- Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
- Criterio 3 *La asignación oculta* (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
- Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
- Criterio 4, 7-11 *Los Resultados clave* son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
- Criterio 5-7 *Cegado* significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran “cegados” si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
- Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente *tanto* el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos *como* el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
- Criterio 9 El análisis por *intención de tratar* significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
- Criterio 10 con otro. Una comparación estadística *entre grupos* implica la comparación estadística de un grupo
- Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
- Criterio 11 Una *estimación puntual* es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las *medidas de la variabilidad* incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben

ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.