

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

**EFFECTOS CRÓNICOS DE LOS EJERCICIOS
INTERVALICOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT) SOBRE LA
GRASA CORPORAL Y COLESTEROL EN SANGRE EN
PERSONAS ADULTAS: UN METAANÁLISIS**

Paula Delgado Valverde

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en salud, para optar al grado de Magister Scientiae

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica.

2022

EFFECTOS CRÓNICOS DE LOS EJERCICIOS INTERVALICOS DE ALTA
INTENSIDAD (HIIT) SOBRE LA GRASA CORPORAL Y COLESTEROL EN
SANGRE EN PERSONAS ADULTAS: UN METAANÁLISIS

PAULA DELGADO VALVERDE

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

M.Sc. Randall Gutiérrez Vargas

Representante del Consejo Central de Posgrado

M.Sc. Luis Alberto Blanco Romero

Coordinador del posgrado o su representante

Dr. Jorge Salas Cabrera

Tutor de tesis

M.Sc. Catalina Capitán Jiménez

Miembro del Comité Asesor

M.Sc. Christian Azofeifa Mora

Miembro del Comité Asesor

Paula Delgado Valverde

Sustentante

Resumen

El Entrenamiento Intermitente de Alta intensidad (HIIT), es un método que involucra ejercicio de alta intensidad con descansos breves en un tiempo reducido si se compara con el entrenamiento de resistencia tradicional. Por consecuencia, se clasifica como uno de los métodos más efectivos para mejorar la función cardiorrespiratoria y metabólica, así como la reducción de los factores de riesgo de enfermedades cerebrovasculares (ECV) y colesterol en sangre. Por esta razón, surge la necesidad de ampliar e investigar el tema para así poder determinar los efectos crónicos del HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas. **Metodología:** Se realizó una búsqueda extensa en las bases de datos: Pubmed, Google Académico, EBSCOhost, Dialnet y Medline, donde se encontraron 140 estudios, de los cuales sólo 8 cumplieron los criterios de selección (intervenciones con un mínimo de 4 semanas, estudios en personas adultas, estudios con intervención del HIIT en la grasa corporal y colesterol en sangre, entre otros), así como los criterios de evaluación metodológica mediante el TESTEX. Se aplicó el modelo de heterogeneidad de varianza inversa o el modelo de efectos fijos y modelo de efectos aleatorios, la prueba de heterogeneidad (Q) y el porcentaje de heterogeneidad (I²). Para el análisis estadístico se utilizó el programa OpenMEE. **Resultados:** Se realizaron pruebas de sesgo y hubo un comportamiento simétrico. Se realizó un análisis de estadística descriptiva a cada variable: grasa corporal en GE (TE= -0.297; p= 0.045; IC 95% -0.588 a -0.007; I²= 0%), grasa corporal del GC (TE= -0.043; p= 0.832; IC 95% -0.435 a 0.350; I²= 0%), CT (TE= -0.536; p= 0.004; IC 95% -0.901 a -0.171; I²= 0%), HDL (TE=0.475; p= 0.324; IC 95% -0.468 a 1.418; I²= 83%) y LDL (TE= -0.473; p= 0.020; IC 95% -0.871 a -0.076; I²= 0%), donde hubo un efecto estadísticamente significativo del HIIT sobre la grasa corporal, CT y LDL, por otro lado, para el HDL no hubo un efecto estadísticamente significativo. Se analizaron las variables moderadoras para la grasa corporal, mediante una meta regresión, las cuales no dieron cambios significativos, lo que indica que estas variables no son relevantes sobre la significancia de la reducción de la grasa corporal en la intervención con el HIIT. **Conclusiones:** Se concluye de forma general, que, si hay un efecto significativo del HIIT en la grasa corporal independientemente de la edad, duración de la intervención y duración de la sesión. También hubo un efecto significativo en la disminución del CT y LDL, mientras que en el HDL no hubo resultados estadísticamente significativos.

Abstract

High Intensity Intermittent Training (HIIT) is a method that involves high intensity exercise with short breaks in a reduced time compared to traditional resistance training. Consequently, it is classified as one of the most effective methods for improving cardiorespiratory and metabolic function, as well as reducing risk factors for cerebrovascular disease (CVD) and blood cholesterol. For this reason, the need arises to expand and investigate the subject in order to determine the chronic effects of HIIT on body fat and blood cholesterol in adults. **Methodology:** An extensive search was performed in the databases: Pubmed, Google Scholar, EBSCOhost, Dialnet and Medline, where 140 studies were found, of which only 8 met the selection criteria (interventions with a minimum of 4 weeks, studies in adults, studies with HIIT intervention on body fat and blood cholesterol, among others), as well as the methodological evaluation criteria using the TESTEX. The inverse variance heterogeneity model or the fixed effects model and random effects model, the heterogeneity test (Q) and the heterogeneity percentage (I²) were applied. The OpenMEE program was used for statistical analysis. **Results:** Bias tests were performed and there was symmetrical behavior. Descriptive statistics analysis was performed for each variable: GE body fat (TE= -0.297; p= 0.045; 95% CI -0.588 to -0.007; I²= 0%), CG body fat (TE= -0.043; p= 0.832; 95% CI -0.435 to 0.350; I²= 0%), TC (TE= -0.536; p= 0.004; 95% CI -0.901 to -0.171; I²= 0%), HDL (TE=0. 475; p= 0.324; 95% CI -0.468 to 1.418; I²= 83%) and LDL (TE= -0.473; p= 0.020; 95% CI -0.871 to -0.076; I²= 0%), where there was a statistically significant effect of HIIT on body fat, TC and LDL, on the other hand, for HDL there was no statistically significant effect. Moderator variables for body fat were analyzed by meta regression, which gave no significant changes, indicating that these variables are not relevant on the significance of body fat reduction in the HIIT intervention. **Conclusions:** It's generally concluded, that there is a significant effect of HIIT on body fat, regardless of age, duration of intervention and session duration. There was also a significant effect in the decrease of TC and LDL, while in HDL there were no statistically significant results.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por siempre apoyarme en cada una de mis metas, a mis padres, hermanos y principalmente a mi esposo e hijos, por toda la paciencia y apoyo incondicional en cada etapa que representó esta maestría.

A cada docente de la Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano de la Universidad Nacional que fue parte de mi formación académica, por impulsar mi crecimiento profesional y personal.

A mi tutor, el profesor Dr. Jorge Salas Cabrera, por toda su paciencia, dedicación y demostrar ser un excelente profesional que ama lo que hace y logra transmitir eso, por estar siempre ahí dando las mejores palabras de aliento cuando más se ocupaban, gracias profesor por su ayuda y comprensión durante este proceso.

A mis asesores, la M.Sc. Catalina Capitán Jiménez por cada uno de sus aportes en este proceso y por ser más que una asesora, por ser esa increíble mujer que siempre me impulsa a superarme y entender que los retos están para sacarlos adelante. También agradezco al profesor M.Sc. Christian Azofeifa por sus aportes y recomendaciones durante este proceso.

A mis compañeros (as) que con sus aportes desde distintas disciplinas me enseñaron la importancia de trabajar siempre en equipo.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estar aquí cumplimiento una meta más y por enviarme retos para demostrarme que soy fuerte y que sin él nada es posible.

A mis padres que han sido el motor de todo siempre, por confiar en mí y enseñarme más de lo que cualquier institución pueda ofrecer.

A mi esposo Mac Donald e hijos Andrés y Aarón por estar siempre apoyándome en cada etapa que representó este gran reto, por ser los motores de mi vida, los amo demasiado.

A mi hermano Antonio que fue parte de todo este proceso y que por diversas circunstancias no pudo terminar conmigo este posgrado, a él que pasó noches conmigo haciendo trabajos y estudiando, por ser parte de esta pasión al tema, te amo muchísimo.

Índice

Capítulo I. Introducción	1
1. Planteamiento y delimitación del problema	1
2. Justificación	3
3. Objetivos	7
3.1 Objetivo general	7
3.2 Objetivos específicos	7
4. Conceptos claves	7
Capítulo II. Marco conceptual	10
1. Aspectos generales de los Ejercicios Interválicos de Alta Intensidad (HIIT)	10
1.1. Historia del HIIT	11
1.2. Tipos de HIIT	13
1.3. HIIT y salud	15
1.4. Adaptaciones fisiológicas del HIIT	16
2. Aspectos generales del HIIT y la grasa corporal	17
3. Aspectos generales del HIIT y colesterol en sangre	18
Capítulo III. Metodología	20
1. Tipo de estudio	20
2. Fuentes de información	20
3. Criterios de inclusión y exclusión de estudios	21
4. Proceso de búsqueda de estudios	21
5. Proceso de colecta de datos	23
6. Evaluación de la calidad de los estudios	23
7. Variables por estudiar	24
8. Procedimiento para el cálculo del Tamaño de Efecto (TE)	25
9. Pruebas de heterogeneidad	25
10. Análisis estadísticos	25
11. Metaanálisis intra-grupos	27
12. Variables moderadoras	27

Capítulo IV. Resultados	28
1. Resultados de la búsqueda sistemática	28
2. Resultados de la evaluación de calidad metodológica	36
3. Resultados del metaanálisis	38
4. Análisis de variables moderadoras	44
Capítulo V. Discusión	47
Capítulo VI. Conclusiones	54
Capítulo VII. Recomendaciones	56
Referencias	58

Índice de tablas

Tabla	Página
Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.	21
Tabla 2. Criterios utilizados para evaluar la calidad de los estudios según escala TESTEX.	24
Tabla 3. Características de los estudios incluidos en el metaanálisis de efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas.	32
Tabla 4. Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en el metaanálisis según la escala TESTEX.	36
Tabla 5. Estadística descriptiva de los TE globales para cada variable dependiente.	38

Índice de figuras

Figura	Página
Figura 1. Flujograma del proceso de búsqueda.	22
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de análisis estadístico para el metaanálisis.	26
Figura 3. Funnel Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal en personas adultas. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos Datos de grupos experimentales HIIT.	40
Figura 4. Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.	41
Figura 5. Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el colesterol total (CT) en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.	41
Figura 6. Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el colesterol HDL en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.	42
Figura 7. Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el colesterol LDL en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.	42
Figura 8. Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal en la población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos controles HIIT.	43

Figura 9. Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el CT, HDL, LDL colesterol en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.	44
Figura 10. Meta- regresión de la edad de los participantes con respecto a la intervención del HIIT sobre la grasa corporal en el grupo experimental.	45
Figura 11. Meta- regresión de la duración del entrenamiento con respecto a la intervención del HIIT sobre la grasa corporal en el grupo experimental.	46
Figura 12. Meta- regresión de la duración de la sesión con respecto a la intervención del HIIT sobre la grasa corporal en el grupo experimental.	46

Lista de abreviaturas

Nombre	Abreviatura
Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad	EIAI
Ejercicios Interválicos de Alta Intensidad	HIIT
Ejercicios Continuo de Intensidad Moderada	MICT
Enfermedades Crónicas No Transmisibles	ECNT
Enfermedades Cerebrovasculares	ECV
Capacidad Cardiorrespiratoria	CRF
Colesterol Total	CT
Colesterol de Lipoproteínas De Alta Densidad	HDL
Colesterol de Lipoproteínas De Baja Densidad	LDL
Triglicéridos	TG
Frecuencia Cardíaca Máxima	FC máx.
Volumen Máximo de Oxígeno	VO ₂ máx.

Descriptores

Ejercicio interválico de alta intensidad, ejercicios interválicos, grasa corporal en adultos, composición corporal, masa grasa, medidas antropométricas, indicadores cardiometabólicos en adultos, dislipidemia, perfil de lípidos en sangre, colesterol en sangre, hipercolesterolemia.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento y delimitación del problema.

El Entrenamiento Intermitente de Alta intensidad (EIAI) o High Intensity Interval Training (HIIT) por sus siglas en inglés, es una metodología del entrenamiento físico-deportivo que se fundamenta en la repetición de intervalos temporales, de corta hasta larga duración de ejercicio físico, éste se caracteriza por una alta intensidad donde intercala los periodos de recuperación que se puede desarrollar de forma pasiva o activa (Buchheit & Laursen, 2013).

Según Su et al., (2019) se define al HIIT como un método que involucra ejercicio de alta intensidad con descansos breves en un tiempo reducido si se compara con el entrenamiento de resistencia tradicional.(Marriott et al., 2021), el cual hace que lo clasifiquen como uno de los métodos más efectivos para mejorar la función cardiorrespiratoria y metabólica, así como la reducir los factores de riesgo de enfermedades cerebrovasculares (ECV) y colesterol en sangre (Vella et al., 2017; Weston et al., 2014).

El HIIT implica períodos alternos de trabajo y recuperación relativamente intensos, donde la alteración de la intensidad y la duración de los períodos de trabajo y recuperación permite la producción de un número casi infinito de sesiones de entrenamiento por intervalos. La programación moderna de acondicionamiento físico ha adoptado el término HIIT como una forma de describir este enfoque del acondicionamiento físico y el rendimiento, y han surgido dos categorías generales: una categoría se denomina "HIIT aeróbico" y la otra es "HIIT de peso corporal" o "HIIT de resistencia" (Kilpatrick et al., 2014).

El entrenamiento aeróbico HIIT suele utilizar la carrera y el ciclismo para lograr las intensidades deseadas mediante actividades como clases de spinning y entrenamientos de carrera en pista. Por el contrario, el HIIT de resistencia/peso corporal hace uso de calistenia, pliometría y/o levantamientos cargados en

programas de entrenamiento como Tabata, CrossFit, entrenamiento de campo de entrenamiento u otras clases similares. (McRae et al., 2012).

Por otro lado, se menciona que el ejercicio HIIT posee efectos intracelulares que remodelan metabólicamente el miocito, incrementando la función endotelial y la capacidad cardio respiratoria, reduciendo así la grasa corporal (Cassidy et al., 2017b; Trapp et al., 2008). En dicho caso las bases moleculares del ejercicio HIIT se sustentan en el estrés energético de la célula y la disminución del glucógeno muscular, este estímulo es censado por la proteína quinasa AMPK13 lo que desencadena la activación de GLUT4, el aumento en la expresión génica de este transportador mejorando por ende la captación de glucosa, el incremento en la síntesis de proteínas del metabolismo lipídico y de biogénesis mitocondrial (Little et al., 2010). Siendo la grasa corporal uno de los componentes principales en el compromiso funcional tisular, es de importancia mencionar que el ejercicio HIIT genera un estímulo adrenérgico, que incrementa con cada repetición, estimulándose un efecto lipolítico de mayor potencia y duración (Ilama et al., 2022; D. Thompson et al., 2012).

Cabe destacar que (Fisher et al., 2015a; Mancilla et al., 2014a) concluyen en sus estudios que el programa de HIIT produjo mayores beneficios en colesterol Low Density Lipoprotein (LDL), Colesterol Total (CT), sensibilidad a la insulina, porcentaje de masa grasa e Índice de Masa Corporal (IMC), comparado con los programas de entrenamiento de moderada intensidad, donde recalcan que este tipo de método promete mejoras sobre factores de riesgo cardiovascular al utilizar programas de entrenamiento de alta intensidad en lugar de moderada intensidad. Sin embargo, según Wood et al., (2019) en un estudio realizado el HIIT no es superior para alterar la relación del perfil de lípidos, pero se recalca el resultado significativo en la mejora del colesterol High Density Lipoprotein (HDL).

Por lo tanto, los especialistas en ciencias del deporte y las autoridades sanitarias recomiendan que toda persona incluya en su vida cotidiana, ya sea en el hogar, en el trabajo o en la comunidad, una actividad física regular para recuperar o mantener la salud (Matsudo, 2012).

Con base en la información encontrada en las revisiones, surge la necesidad de ampliar e investigar el tema donde permita analizar estadísticamente los efectos crónicos del HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas. Partiendo de lo anterior surge la interrogante:

¿Cuáles son los tamaños de efectos crónicos de los programas HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas?

2. Justificación.

El tema surge con la inquietud de conocer el efecto crónico del HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre de personas adultas, ya que en la mayoría de las ocasiones se menciona que el ejercicio tiene un impacto positivo en las variables antes mencionadas, pero, ¿qué tanto se menciona con respecto al HIIT? Es por ello que se quiere demostrar estadísticamente mediante un metaanálisis según lo que diferentes estudios han encontrado.

Para dar inicio con el tema es necesario tener clara la definición de la actividad física. Según la OMS, (2018) lo describe como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía y se ha observado que la inactividad física es el cuarto factor de riesgo en lo que respecta a la mortalidad mundial, al menos un 60% de la población mundial no realiza la actividad física necesaria para obtener beneficios para la salud cita.

El American College of Sports Medicine (ACSM) desde hace 20 años define a la prescripción de ejercicios físicos como *“la recomendación de un régimen de actividad física sistemático e individualizado, para alcanzar en el paciente los beneficios fisiológicos óptimos del entrenamiento físico”*. Lo anterior concientiza la importancia de que el individuo incremente su capacidad física para que así mejorar la salud y reduzca el riesgo de aparición o recurrencia de la enfermedad y que garantice la seguridad durante la participación en los ejercicios (Rivas, 2011).

Dentro de los tipos de actividad física se encuentra el HIIT, los ejercicios aeróbicos y fuerza muscular, estos ejercicios han sido asociados con la disminución del porcentaje de grasa corporal, los niveles de lípidos en sangre e incrementan la condición física de las personas para estabilizar y mejorar su estado salud (Stoedefalke, 2007).

El HIIT es una forma cada vez más popular de ejercicio aeróbico que incluye sesiones de ejercicio de alta intensidad intercaladas con períodos de descanso (Da Silva et al., 2020).

Las enfermedades crónicas degenerativas como la Dislipidemia (niveles elevados de colesterol en sangre) tienen como factores de riesgo al sobrepeso y obesidad que forman parte de uno de los problemas de salud pública más estudiados en la actualidad cita, cerca del 39% de las personas adultas de 18 o más años presentan sobrepeso, y el 13% son obesas (Organización Mundial de la Salud, 2018) , esto conlleva a problemas en la grasa corporal siendo uno de las variables por estudiar. Este problema se está generando no solo en países desarrollados sino en subdesarrollados también considerado como una epidemia a nivel mundial, por tanto es de suma importancia estudiar a profundidad esta variable para así lograr tener un método eficaz para prevención y tratamiento (Álvarez et al., 2016; García et al., 2007; Roth et al., 2011).

Por otra parte, Carreras y Ordóñez, (2007) mencionan que practicar actividad física de forma regular aumenta las concentraciones de HDL y disminuye las de LDL y triglicéridos (TG) en sangre y grasa corporal. Existen factores que intervienen en el proceso de una enfermedad, no obstante, la grasa corporal, el perfil de lípidos sanguíneos y los niveles de condición física en los últimos años han sido investigados como determinantes en la relación salud-enfermedad de la población adulta (Cervera et al, 2010).

Un estudio realizado por Wewege et al., (2017) en el cual realizaron una revisión sistemática y metaanálisis sobre los efectos del HIIT frente al Ejercicio Continuo de Intensidad Moderada (MICT) sobre la composición corporal en adultos obesos y con sobrepeso, este estudio meta analizó a 13 artículos de una búsqueda de 1 334 examinados inicialmente. Los estudios promediaron 10 semanas por 3 sesiones por semana de entrenamiento, tanto HIIT como MICT provocaron reducciones significativas ($p < 0,05$) en la masa grasa corporal total y la circunferencia de la cintura, recalcando que uno de los beneficios del HIIT es que requirió un 40 % menos de compromiso de tiempo de entrenamiento.

Camacho-Cardenosa et al., (2016) realizaron un estudio donde querían demostrar el efecto del HIIT en la reducción de la grasa corporal en sujetos obesos y con sobrepeso. El estudio se hizo con un grupo de 65 adultos entre 18 a 65 años de edad, realizaron 12 sesiones 3 v/s de un programa de HIIT, se obtuvo como resultado una reducción significativa de la grasa corporal de $(-1,88 \pm 2,8$ y $-3,44 \pm 2,7$ kg), en mujeres y hombres respectivamente con un resultado estadísticamente significativo ($p < 0,05$). En conclusión, mencionan que el protocolo de entrenamiento asociado a la consejería nutricional es efectivo en la reducción de la grasa corporal en personas con sobrepeso.

Por otra parte, la insistencia constante de realizar actividad física como un método de prevención se pronuncia con más fuerza, tomando en cuenta que la activación corporal del movimiento disminuye el riesgo ante enfermedades peligrosas, tales como: el cáncer o enfermedades cardíacas, que se requiere de años de participación en programas de actividad física regular para poder controlar su avance y poder tener una mejor calidad de vida (Blanco et al., 2016; Martínez Martínez Pinillo et al., 2010; Vidarte Claros et al., 2011).

Las dislipidemias o hiperlipidemias son trastornos en los lípidos en sangre caracterizados por un aumento de los niveles de colesterol o hipercolesterolemia e incrementos de las concentraciones de TG o hipertrigliceridemia (Soca y Enrique,

2009). Durante las últimas décadas se ha presentado una evolución caracterizada por el aumento de las Enfermedades Crónicas no Transmisibles (ECNT) y enfermedades cardiovasculares que se relacionan con estilos de vida no saludables que involucran alteraciones en el perfil de lípidos en sangre todo como consecuencia de un trastorno (Lotrean et al., 2018).

Un estudio realizado por Fisher et al. (2015) comparó los efectos de un entrenamiento HIIT y MICT durante 6 semanas en jóvenes obesos o con sobrepeso analizaron parámetros más allá del IMC como la composición corporal, presión sanguínea, colesterol en sangre, entre otros. Este estudio demostró que ambos programas mejoraron estos factores antes mencionados, sin embargo, se mencionó que en el entrenamiento HIIT tuvo una duración de 20 minutos, 3 días a la semana y el MICT de 60 minutos 5 días a la semana a pesar de que el tiempo fue diferente se obtuvo los mismos resultados.

Wood et al., (2020) realizaron una revisión sistemática y metaanálisis con el objetivo de comparar MICT y HIIT en los perfiles de lípidos de adultos, para identificar las características del entrenamiento que pueden determinar el cambio inducido por el ejercicio en CT, TG, HDL y LDL. Este estudio agrupó y analizó veintinueve conjuntos de datos de 823 participantes, donde concluyen que ni HIIT ni MICT son superiores para alterar la relación TC, TRG o LDL o TC, HDL, pero que para elevar el HDL el HIIT resultó tener tamaño de efecto (TE) mayor en comparación con MICT.

Se ha encontrado diferentes relaciones entre los MICT y HIIT demostrando sus beneficios y relación que tienen en las variables como la circunferencia de la cintura, distintos valores lipídicos, oxidación de grasas y composición corporal, pero sobre todo la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Trombold et al., 2013). Sin embargo, el HIIT ha ido ganando fuerza no solo en aspectos cardiorrespiratorios y composición corporal sino en eficacia del tiempo en comparación con los MICT, tal como lo menciona ASCM en sus investigaciones

donde se recalca los beneficios a nivel fisiológicos de este tipo de entrenamientos (Kilpatrick et al., 2014)

Por lo anterior surge la necesidad de realizar una investigación minuciosa de estudios experimentales y elaborar un metaanálisis con relación a los efectos crónicos del HIIT en personas adultas con el objetivo de determinar estadísticamente los efectos a través de las variables dependientes grasa corporal y colesterol en sangre y concluir si hay efectos beneficiosos o no en esta población, cuya finalidad es ayudar a las personas adultas a preservar su calidad de vida mediante la prescripción correcta de ejercicios y su derivación a programas de ejercicios.

3. Objetivos:

3.1. Objetivo general

Determinar al efecto crónico del ejercicio aeróbico interválico de alta intensidad sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas mediante un metaanálisis.

3.2. Objetivos específicos

- a) Examinar los tamaños de efecto (TE) de las intervenciones crónicas del HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en la población en estudio.
- b) Conocer la heterogeneidad de los tamaños de efecto calculados en los estudios meta analizados.
- c) Analizar el efecto de variables moderadoras sobre los tamaños de efecto calculados.

4. Conceptos claves

- a) *Ejercicio físico*: es una actividad planificada, estructurada y repetitiva, el fin es mantener y mejorar la forma física, disminuyendo la aparición de las

enfermedades derivadas de la falta de actividad física y desarrollando al máximo la capacidad intelectual (Escalante, 2011).

- b) *Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT)*: es un método de entrenamiento deportivo con periodos de ejercicio de alta intensidad y con intervalos cortos y muy intensos que alternan esfuerzo y recuperación. Induce adaptaciones que están relacionadas con mejoras en la salud cardiovascular y la capacidad cardiorrespiratoria (CRF) en distintos tipos de poblaciones, desde niños a adultos (Álvarez et al., 2017).
- c) *Grasa corporal*: es el compartimento graso, tejido adiposo o grasa de almacenamiento (20%) está formado por adipocitos. La grasa, que a efectos prácticos se considera metabólicamente inactiva, tiene un importante papel de reserva y en el metabolismo hormonal, entre otras funciones. Se diferencia, por su localización, en grasa subcutánea (debajo de la piel, donde se encuentran los mayores almacenes) y grasa interna o visceral (González Jiménez, 2013).
- d) *Colesterol en sangre*: El colesterol es un lípido esteroide que forma parte indispensable de la estructura de las membranas de las células donde modula la fluidez, condicionando su permeabilidad, esta molécula se encuentra en todas las partes del cuerpo y el organismo necesita una cantidad adecuada para funcionar adecuadamente. Sin embargo, el exceso en la sangre unido a otras moléculas y sustancias puede provocar que se deposite en las arterias dando lugar a complicaciones metabólicas (Maldonado Saavedra et al., 2012; Schade et al., 2020).
- e) *Colesterol HDL*: el colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL) se ha considerado tradicionalmente como el “colesterol bueno”, porque los niveles altos de HDL en plasma están fuertemente asociados con un bajo riesgo de la enfermedad cardiovascular aterosclerótica (ASCVD) (Kjeldsen et al., 2021).

f) *Colesterol LDL*: el colesterol de lipoproteínas de baja densidad (HDL) se ha considerado tradicionalmente como el “colesterol malo”, porque cuando las células son incapaces de absorber todo el colesterol que circula por la sangre, el sobrante se deposita en la pared de la arteria y contribuye a su progresivo estrechamiento originando la aterosclerosis (Braunwald, 2016).

Capítulo II

MARCO CONCEPTUAL

1. Aspectos generales de los Ejercicios Interválicos De Alta Intensidad (HIIT)

El HIIT es un tipo de entrenamiento es basado en la repetición de períodos de trabajo de alta intensidad > 85-90% Frecuencia Cardiaca máxima (FCmáx.), cabe destacar que no es un tipo de entrenamiento moderno ya que se lleva utilizando varias décadas, pero ha sido en los últimos años cuando se ha empezado a analizar todo su potencial y beneficios en la salud (Astorino & Schubert, 2018).

Mancilla et al. (2014) mencionan en su estudio que el ejercicio HIIT lo conocen también como ejercicio de tiempo eficiente y posee efectos intracelulares que remodelan metabólicamente el miocito, incrementan la función endotelial y mejoran la capacidad cardio-respiratoria, reduciendo la grasa corporal.

Las bases moleculares del ejercicio HIIT se sustentan en el estrés energético de la célula y la disminución del glicógeno muscular, dicho estímulo es censado por la proteína quinasa AMPK lo que desencadena la activación de la Glucosa Transportadora Tipo 4 (GLUT4, es una proteína transportadora de glucosa regulada por la insulina), el aumento en la expresión génica de este transportador mejorando por ende la captación de glucosa, el incremento en la síntesis de proteínas del metabolismo lipídico y de biogénesis mitocondrial (Little et al., 2010).

El HIIT ha llamado la atención como un método eficaz y eficiente en el tiempo para mejorar composición corporal y el aumento de la salud cardiorrespiratoria en una variedad de poblaciones, incluidas las personas con obesidad (Weston et al., 2014). Este método ha demostrado que estimula una serie de adaptaciones del músculo esquelético que aumentan la oxidación de grasas y la utilización de oxígeno, tal y como lo menciona Boutcher, (2011), como resultado de la biogénesis mitocondrial mejorada y las enzimas reguladas al alza, se modifican una serie de parámetros metabólicos mejorado después del entrenamiento a intervalos (Smith-Ryan et al., 2015).

1.1. Historia del HIIT.

El origen del HIIT es difícil de definir ya que en el pasado algunas formas de entrenamiento del deporte griego contenían estos elementos (secuencia de trabajo y pausa), según lo mencionan Espinoza-Salinas et al., (2016) se puede decir que existen datos que indican que ya en el año 1850 algunos entrenadores de Estados Unidos entre estos Lawson Robertson y Dean Cronwell realizaban entrenamientos divididos en tramos de alta velocidad y otros tramos usados como recuperación orgánica, tomando en cuenta que para ese tiempo no existía una clara sistematización del entrenamiento de intervalos (Espinoza-Salinas et al., 2016).

Por otro lado, versiones históricas indican el origen del HIIT en la escuela finlandesa de entrenamiento deportivo donde mencionan al que habría sido el entrenador Lauri Pihkala que por el año 1912 desarrolló el sistema finlandés de entrenamiento (Cofré-Bolados et al., 2016), donde mencionaban que los deportistas recorrían, 4 y hasta 5 veces distancias de 100 y hasta 200 metros, con esfuerzos intensos y pausas de varios minutos.

Por lo anterior, se genera la idea que Pihkala fue el creador del entrenamiento interválico, este método presentaba algunas características específicas como: Inclusión de entrenamiento de velocidad para fondistas y medio fondistas; carreras cortas e intensas, alternadas con intervalos más largos para recuperación; incremento tanto en cantidad como en calidad de los entrenamientos (Cofré-Bolados et al., 2016).

En la década de 1970 y tras muchos más criterios debatiendo del verdadero creador del método HIIT, se menciona que Peter Coe, fue el creador y que aplicó este método con su hijo; el cual consistía en series de sprints de 200 metros con descansos de 30 segundos (Tabata, 2019). La primera variación de importancia de este método se realizó tras el estudio de Izumi Tabata, a raíz del cuál se creó el “Método Tabata”, que consistía en periodos de 20 segundos en los que se realizaba el ejercicio pertinente alternados con periodos de 10 segundos de descanso, que se mantuvo por varios años y hasta el día se siguen aplicando diferentes protocolos (Tabata, 2019).

Los protocolos de HIIT han variado considerablemente a lo largo del tiempo, pero por lo general implican carreras breves y repetidas a una intensidad máxima, seguidas inmediatamente de ejercicio de baja intensidad o descanso, tomando en cuenta que la mayoría de los protocolos inician con un periodo de calentamiento, luego el HIIT y por último una etapa de recuperación (Shaw et al., 2006).

La duración de los períodos de sprint y recuperación ha variado de 6 s a 4 min, lo más común es que los sprints se realicen en un cicloergómetro estacionario a una intensidad superior al 90% del consumo máximo de oxígeno. Los sujetos que se han estudiado para la aplicación de este tipo de entrenamientos han sido en adolescentes, hombres y mujeres jóvenes y adultas, personas mayores y varios grupos de personas con algún tipo de enfermedad (Boutcher, 2010).

El protocolo más utilizado en investigaciones actuales ha sido el test de Wingate, que consiste en 30 s de sprint total con una resistencia fuerte, donde los participantes la prueba de 4 a 6 veces separadas por 4 min de recuperación. Este protocolo equivale a 3 a 4 min de ejercicio por sesión y cada sesión se realiza normalmente 3 veces a la semana durante 2 a 6 semanas, tal y como lo mencionan Gibala & McGee, (2008) en un estudio realizado, donde evaluaban la adaptación del musculo esquelético con protocolo obteniendo resultados favorables.

Cabe recalcar que este protocolo de Wingate, es complicado y pueda que los participantes no toleren el malestar que acompaña la exigencia de la prueba, por lo tanto, este protocolo pueda que no sea el más adecuado para la mayoría de las personas sedentarias con sobrepeso interesadas en perder grasa (Boutcher, 2010).

Se menciona que se han utilizado otros protocolos HIIT menos exigentes como el que aplicaron Trapp et al., (2008) que consistía en un sprint de ciclismo de 8 segundos seguido de 12 segundos de ciclismo de baja intensidad durante un período de 20 minutos. Por lo tanto, en lugar de 4 a 6 sprints por sesión, como se usa en los estudios del protocolo Wingate, los participantes que usan el protocolo de 8 s/12 s hacen sprints 60 veces a una intensidad de ejercicio más baja, el tiempo total de sprint es de 8 min con 12 min de ciclismo de baja intensidad.

Las respuestas agudas a HIIT que se han identificado incluyen frecuencia cardíaca, hormonas, glucosa en sangre y niveles de lactato, entre otras. La respuesta de la frecuencia cardíaca depende de la naturaleza del protocolo HIIT, pero generalmente aumenta significativamente durante el ejercicio y disminuye durante el período entre el sprint y la recuperación, tal y como lo demuestran Hu et al., (2022) en un estudio realizado con estudiantes universitarias.

Al grupo experimental se le aplicó un HIIT con 3 series de intervalos de 9 min al 90 % de la frecuencia cardíaca máxima (FC máx), intercaladas con 1 min de descanso, 5 días a la semana, se evaluaron tanto pre como post. Se concluye que el HIIT produjo beneficios significativos en la composición corporal, la frecuencia cardíaca, la presión arterial y el metabolismo de los lípidos en sangre. Esto sugiere que HIIT puede reducir efectivamente el riesgo de arteriosclerosis y proteger la función cardiovascular, resultados concuerdan con el estudio realizado por Almenning et al., (2015).

1.2. Tipos de HIIT.

A continuación, se muestran los tipos de HIIT con mayor tendencia en los últimos años, los cuales han sido aplicados por diversos estudios para evaluar su utilidad y llegar a una conclusión en el impacto a nivel metabólico (Wen et al., 2019).

- *Método Táбата:* es quizás uno de los métodos de HIIT más populares que existen. La aparición de este método se debe al entrenador de patinaje japonés Izumi Tabata en el año 1996, en su búsqueda por incrementar el Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2 Máx) en sus atletas. Consiste en 8 ciclos de 20 segundos de ejercicio alternados con 10 segundos de descanso (Parra et al., 2022).
- *Método Little-Gibala:* fue popularizado por los doctores Jonathan Little y Martin Gibala, de la McMasters University en el año 2009, el objetivo era el de mejorar el estado físico de la forma más rápida posible. Consiste en 8-12 ciclos compuestos por sesiones de 60 segundos de sprint al 95-100% del VO_2 máx combinados con descansos activos de 75 segundos y se realiza 3

veces por semana. Existe una variante, para hacerlo más “accesible”, que se compone de ciclos de 60 segundos de alta intensidad (no máxima) alternados con 60 segundos de baja intensidad (Little et al., 2010).

- *Método Timmons*: En 2012 diseñó una nueva modalidad de entrenamiento HIIT, que consiste en 3 ciclos de 20 segundos de actividad (máxima intensidad) y 2 minutos de descanso. Este método se realiza 3 veces por semana que suponen sólo 21 minutos de actividad física por semana y tan solo tres de alta intensidad (Phillips et al., 2017).
- *Método de Crossfit*: la idea de este método es realizar un entrenamiento de alta intensidad que esté capacitado para reunir: alta intensidad, movimiento funcional, combinación de ejercicio cardiovascular, gimnasia, movimientos del peso corporal y vencimiento de pesas (Sibley, 2012). Los atletas Crossfit logran esta aptitud a través de ejercicios de alta intensidad que combinan elementos de acondicionamiento cardiovascular con habilidades con el propio cuerpo, y levantamiento de peso (Maia et al., 2019).
- *HIIT de varios ejercicios*: se puede realizar una rutina HIIT con varios ejercicios a modo de circuito y cada día de entrenamiento va enfocado a diferentes grupos musculares, para esto se debe intentar que los ejercicios consecutivos no sean del mismo grupo muscular, ya que eso provocaría un alto desgaste y muy probablemente no se complete el entrenamiento (Garcia, 2009) .
- *7 minutos Workout (7 min W)*: este modelo propone el HIIT de tipo aeróbico regular para ayudar a la sociedad a administrar y expandir su energía física, prevenir la fatiga y mantener un alto rendimiento. Este método está pensado para que sea práctico, rápido y de fácil aplicación, una de las ventajas del programa es que debe ser capaz de ser realizado en cualquier lugar, sin necesidad de ningún tipo de equipo especial (Klika & Jordan, 2013) .

1.3. HIIT y Salud.

Se ha mencionado si el HIIT puede ser aplicado en población "no deportista" (sedentarios, portadores de alguna enfermedad, entre otros), esta duda toma fuerza en los años posteriores a 1990, pues en esta población predominaba la práctica del MICT, según lo mencionan Holloszy, (1967) que realizó un estudio en ratas donde demostró que las enzimas oxidativas aumentaban con carrera continua en cinta rodante. Cabe destacar, que en esa época la tecnología era muy limitada para el estudio del metabolismo anaeróbico y es por eso que años después Cooper et al., (1976) derivó en una amplia orientación mundial hacia el ejercicio de moderada y baja intensidad de amplio volumen como la prescripción de ejercicio para conseguir salud cardiovascular.

A mediados de la década de los 90's se realizan más estudios para recaudar evidencia y así una amplia discusión sobre el rol del método interválico en salud, donde Tabata et al., (1996) realizaron un estudio que presentó el HIIT en población no deportista, aplicado sobre 14 sujetos no entrenados, divididos en dos grupos de 7 usando dos modelos que se querían comparar, ambos realizados en bicicleta ergométrica: uno era el entrenamiento de sprint de alta intensidad: 7 a 8 series, cada serie de 20 segundos, con intensidad de entrenamiento de 70% del VO₂ máx., con 10 segundos de intervalo entre las series, realizado 5 días a la semana, durante 6 semanas y el otro era un protocolo de entrenamiento submáximo continuo: 70% del VO₂ máx, por 60 minutos, cinco días por semana, durante siete semanas.

Como conclusión del estudio se observaron aumentos en el VO₂ máx. del 15% en el grupo de HIIT versus un 9,4% en el grupo MICT. Además de un incremento del 28% de la capacidad anaeróbica en el grupo HIIT, sin cambio en el grupo MICT. Así como la alta intensidad requirió mucho menos tiempo de entrenamiento, siendo esta una ventaja de este método (Tabata et al., 1996).

Por lo anterior mencionado desde los años 90 y hasta la actualidad se han podido conocer muchos trabajos que vinculan los HIIT con la salud cardiometabólica, dando énfasis a los trabajos realizados por Gibala et al., (2014), los que muestran que el HIIT realizado principalmente en cinta rodante y bicicletas

ergométricas, mejora la potencia aeróbica, factores anaeróbicos e influyen en la composición corporal hacia una constitución saludable disminuyendo la resistencia a la insulina, entre otros beneficios y efectos sobre marcadores biológicos de salud.

1.4. Adaptaciones fisiológicas de HIIT.

El HIIT es un método que bajo el modelo trifásico de Skinner et al., (1980), se encuentra en la última fase por sobre el umbral anaeróbico y ventilatorio II (80-85% VO₂ max), encontrando adaptaciones centrales asociadas a una activación simpática-adrenal, y mejoras cardiovagales.

El HIIT produce iguales o mayores ganancias cardiometabólicas en el corto plazo en comparación al ejercicio aeróbico continuo según lo mencionan Costigan et al., (2015), presentando una percepción del esfuerzo menor, menores niveles de catecolaminas plasmáticas y aumentos en las concentraciones de lactato en sangre (Meyer et al., 1996).

Además, se ha demostrado que el HIIT reduce el riesgo de padecer Enfermedades Cardiovasculares (ECV) en adultos mayores sanos (Lee et al., 2003). Incluso con protocolos de una sola sesión de HIIT a la semana, fue suficiente para reducir el riesgo de muerte por ECV en hombres y mujeres, en un estudio que realizó Wisløff et al., (2006) donde comparaban sujetos con intervención HIIT vs sujetos que no realizaban ejercicio.

Dentro de las adaptaciones periféricas se destaca las mejoras en la recaptación y sensibilidad del calcio por la bomba de calcio reticular (SERCA en sus siglas en inglés) del músculo esquelético (Swain & Franklin, 2006). Además se ha observado un aumento de la actividad enzimática responsable de la lipólisis y glucólisis (leptina, adiponectina, insulina, catecolaminas, lipasas), asociado a una mayor activación de los transportadores de glucosa dependientes de insulina (GLUT-4) así como de los ácidos grasos (Baar, 2006; Mj et al., 2006). Otro mecanismo que explica los beneficios del HIIT es la activación de vía mediada por AMPK, siendo la responsable del control metabólico y del gasto energético (Jäger et al., 2007).

2. Aspectos generales del HIIT sobre la grasa corporal.

La grasa corporal es uno de los componentes principales en el compromiso funcional tisular, es de importancia mencionar que el ejercicio HIIT genera un estímulo adrenérgico, que incrementa con cada repetición, estimulándose un efecto lipolítico de mayor potencia y duración, también se liberan IL-6 miocitaria y otros agentes lipolíticos que incrementan este proceso en el tejido adiposo y muscular (Pedersen & Febbraio, 2008).

En los últimos 10 años, ha habido una mayor atención hacia la utilidad y eficacia del entrenamiento HIIT con episodios breves (1–4 min) de ejercicio intermitente en intensidades que van del 60 al 100 % de Potencia Máxima de Salida (PPO), en variables relacionadas con la salud cardio metabólica en varias poblaciones, según lo menciona Astorino & Schubert (2018) en un estudio realizado.

El efecto del ejercicio aeróbico regular sobre la grasa corporal es insignificante tomando en cuenta la intensidad, frecuencia y duración con la que se realice; sin embargo, otras formas de ejercicio pueden tener un mayor impacto en la composición corporal, según lo indica Boutcher, (2010) en el estudio que hizo, donde examina el HIIT como un método más efectivo para reducir la grasa corporal subcutánea y abdominal que otros tipos de ejercicio.

La mayoría de las investigaciones que examinan el HIIT se han centrado en programas a corto plazo (2 a 6 semanas) sobre la adaptación del músculo esquelético. Sin embargo, algunos estudios han utilizado programas más largos para determinar el efecto de HIIT en la pérdida de grasa subcutánea y abdominal. En el caso de (Fernández et al., 2017; Trapp et al., 2008) realizaron la intervención del HIIT en 15 y 10 semanas respectivamente, obteniendo resultados favorables en la grasa corporal y calificando este tipo de entrenamiento como uno de los más eficientes y eficaces.

Maillard et al., (2018), catalogan el HIIT como una estrategia eficiente en el tiempo para disminuir los depósitos de masa grasa, incluidos los de masa grasa abdominal y visceral, según el metaanálisis aplicado que consistía en evaluar la

eficacia del HIIT en la reducción de la masa grasa total, abdominal y visceral en adultos con peso normal y con sobrepeso/obesidad, se encontró evidencia de la mayor efectividad de la carrera HIIT versus el ciclismo, pero debido a la amplia variedad de protocolos utilizados y la falta de detalles completos sobre el entrenamiento en bicicleta, es necesario realizar más comparaciones, al igual que estudios más grandes que puedan evaluar a las características de los participantes.

Los mecanismos subyacentes a la reducción de grasa inducida por HIIT no están determinados con claridad, se ha demostrado que presenta otros beneficios de gran importancia para la salud como el aumento significativo tanto en la aptitud aeróbica como la anaeróbica. HIIT también reduce significativamente la resistencia a la insulina y da como resultado una serie de adaptaciones del músculo esquelético que dan como resultado una mayor oxidación de la grasa del músculo esquelético y una mejor tolerancia a la glucosa (Arrieta-Leandro & Arrieta-Leandro, 2020)

3. Aspectos generales del colesterol en sangre.

Se ha demostrado que el HIIT es un potente estímulo para mejorar los parámetros metabólicos, así como un aumento potencial en el exceso de consumo de oxígeno después del ejercicio (Larsen et al., 2014). Al evaluar los riesgos para la salud se toman en cuenta marcadores, como glucosa en sangre en ayunas, CT, TG, LDL, HDL y la Resistencia a la Insulina (IN); que han demostrado ser confiables indicadores de riesgo metabólico (Racil et al., 2013). Estudios previos han demostrado que tan solo 2 semanas de entrenamiento por intervalos pueden provocar mejoras en la glucosa, colesterol en sangre, sensibilidad a la insulina (Lamina & Okoye, 2012; Little et al., 2011; Williams, 2008).

El MICT a menudo se considera un manera eficaz de reducir los factores de riesgo de ECV (Hussain et al., 2016; P. D. Thompson et al., 2013). Sin embargo, en los últimos años el HIIT ha tomado más fuerza como método de intervención, este se caracteriza por tener ejercicios breves alta intensidad con descanso o sesiones breves pero un poco más largas de ejercicio de muy baja intensidad, es uno de los medios más efectivos de mejorar los factores cardiorrespiratorios y reducir los factores de riesgo de ECV (Terada et al., 2013; Weston et al., 2014).

Según Su et al., (2019) en un metaanálisis realizado concluyen que el HIIT es considerado como un modo de ejercicio eficiente en el tiempo para controlar a las personas con obesidad y sobre peso, no solo por los resultados en la reducción de grasa corporal si no por demostrar reducciones estadísticamente significativas en LDL pero no en MICT, también mencionan que el HIIT es superior a MICT en la mejora de la aptitud cardiopulmonar cuando la duración del entrenamiento.

Una de las ventajas del HIIT que se ha mencionado con mucha frecuencia en este documento ha sido que el HIIT requiere menos compromiso de tiempo en comparación con MICT pero induce adaptaciones fisiológicas similares o superiores, no se sabe hasta qué punto estas adaptaciones fisiológicas se mantienen durante un período de entrenamiento, ya que algunas personas dejan de hacer ejercicio por períodos prolongados de tiempo ya sea por asuntos personales, laborales o de salud (Roy et al., 2018).

Un estudio realizado por (Gripp et al., 2021) que estudiaba el HIIT como un método superior a MICT en la salud cardiometabólica durante el entrenamiento y el desentrenamiento, llegaron a la conclusión que el HIIT promueve un mayor número de adaptaciones positivas en la salud cardiometabólica de hombres con sobrepeso/obesidad y que la mayoría de los efectos positivos del protocolo HIIT se mantuvieron después de 4 semanas del tratamiento.

A pesar de los múltiples beneficios que giran alrededor de la actividad física de rutina para mejorar la salud cardiometabólica, sigue siendo difícil para los profesionales de la salud lograr que las personas se adhieran a las recomendaciones actuales, es por ello que han incrementado los estudios con el HIIT donde muchos estudios muestran mejoras similares en la reducción de los factores de riesgo cardiometabólicos en comparación al MICT a pesar de que solo requieren 10-20% del tiempo de compromiso (Burgomaster et al., 2008; Gibala et al., 2012). Por lo mencionado anteriormente se aspira a que los HIIT sea un modo ideal de entrenamiento en adolescentes y jóvenes adultos que a menudo luchan por encontrar el tiempo para hacer ejercicio.

Capítulo III METODOLOGÍA

1. Tipo de estudio:

El presente estudio consistió en un Metaanálisis. DerSimonian y Laird (1986) mencionan que un metaanálisis consiste evidenciar estadísticamente los resultados de diversos estudios independientes, pero en cierta medida combinables entre sí según sus variables, con el objeto de verificar si existe un efecto que pueda ser evaluado estadísticamente. El término fue inicialmente aplicado en el ámbito de las ciencias sociales y la psicología y sólo a partir de los 80 empezó a usarse en medicina, para generalizarse en los 90 en las publicaciones médicas.

Según Botella y Zamora (2017) el metaanálisis, debe ser preciso para dar respuestas numéricas en términos estadísticos con propiedades conocidas; este debe ser objetivo para manejar los conceptos de forma más explícita y clara que conduzcan a los mismos resultados. La información que se analiza es el resultado de estudios primarios que proporcionan información útil y una estimación combinada del tamaño de efecto. Esta técnica de investigación se emplea como una herramienta de evaluación alternativa de la heterogeneidad observada en los estudios, pues permite reformular conceptos y criterios, además de aclarar el papel de las variables moderadoras no evaluadas.

2. Fuentes de información:

Las fuentes de información permiten especificar los procedimientos empleados en la localización de las investigaciones y a su vez, explicitar los criterios de inclusión en el metaanálisis (Botella & Zamora, 2017). Entre otras palabras este proceso es indispensable para la definición del problema, hipótesis y objetivos de la investigación y así conlleven a establecer procedimientos de búsqueda de forma eficaz.

Se incluyeron estudios con características de reportes completos de ensayos clínicos, donde se procure que las intervenciones sean de forma aleatoria a los

sujetos de investigación que permita una equivalencia estadística entre cada uno de los grupos de tratamiento. Se tomó en cuenta el planteamiento del problema de investigación, se realizó una base de datos el cual facilitó la búsqueda de estudios con ayuda de las palabras claves que enlacen las variables del estudio.

3. Criterios de inclusión y exclusión

A continuación, se mencionan los criterios de inclusión y exclusión establecidos en este metaanálisis.

Tabla 1.

Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Publicaciones en cualquier país, sin importar el idioma.	Publicaciones con experimentos en animales.
Estudios sin importar la fecha de publicación.	Estudios de fuentes no confiables o de datos confusos.
Estudios con intervenciones con un mínimo de 4 semanas.	Estudios que no reflejen la totalidad de los resultados.
Estudios con personas adultas.	Estudios en los que no se pueda calcular el tamaño de efecto (TE) por falta de información.
Publicaciones que mencionen ejercicios interválicos de alta intensidad.	Estudios con personas con algún tipo de capacidad especial.
Estudios con entrenamiento con HIIT y los efectos en la grasa corporal.	
Estudios que mencionen el entrenamiento con HIIT y los efectos en el colesterol en sangre.	
Estudios con enfermedades crónicas asociadas al colesterol y grasa.	

Fuente: Elaboración propia, 2022

4. Proceso de búsqueda de los estudios.

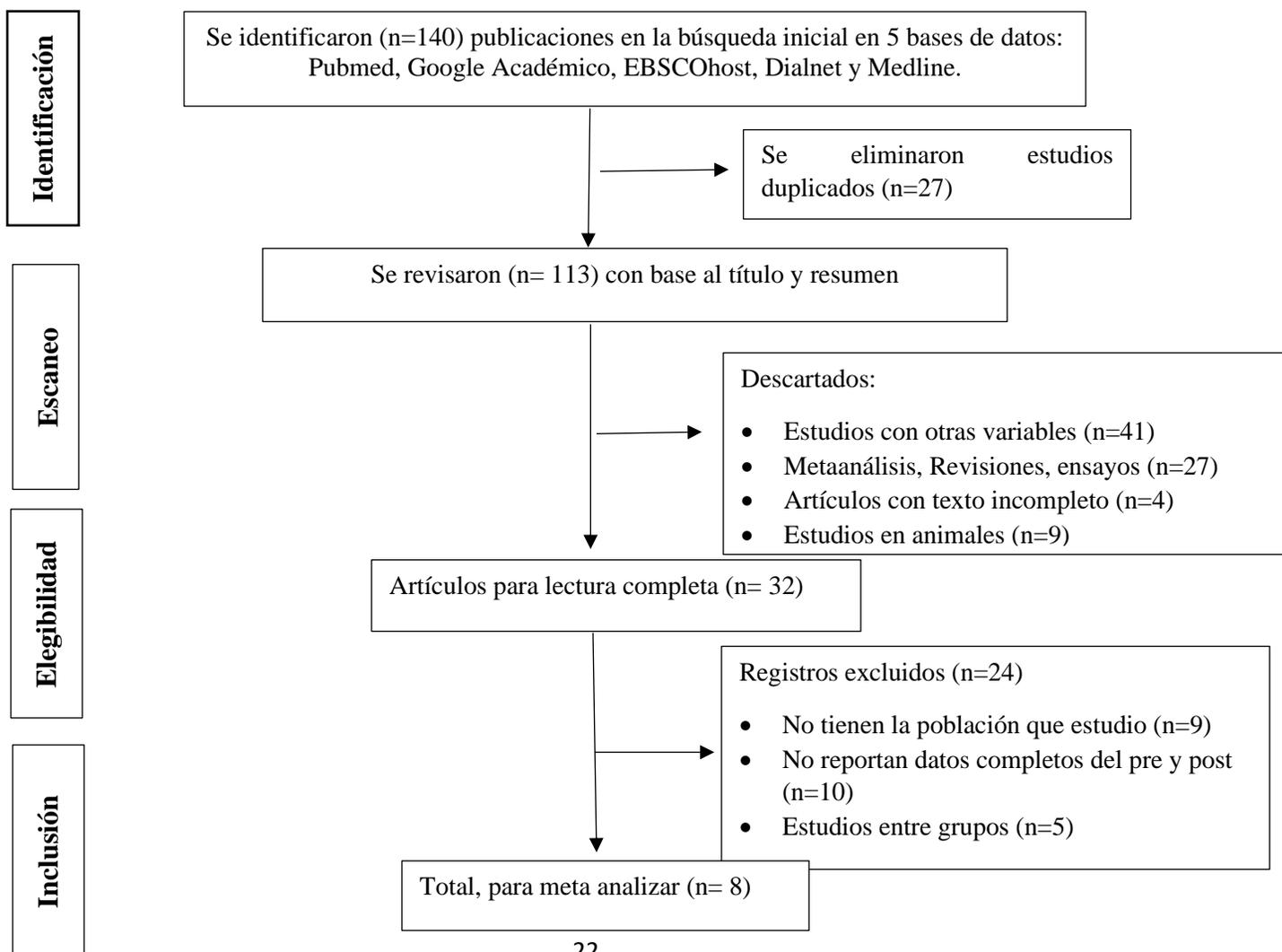
Se realizó una búsqueda extensa en las siguientes bases de datos: Pubmed, Google Académico, EBSCOhost, Dialnet y Medline. Se incluirán estudios clínicos aleatorizados y no aleatorizados, que contengan las palabras clave en inglés y

español, relacionadas con las características específicas que involucran a las variables de la investigación (HIIT, grasa corporal y colesterol en sangre) así como otras palabras claves enlazadas con frases booleanas: [(HIIT OR ejercicios interválicos) AND (composición corporal OR masa grasa OR medidas antropométricas OR dislipidemias OR indicadores cardiometabólicos OR hipercolesterolemia) AND (adultos)].

El presente meta-análisis se realizó siguiendo los lineamientos generales para el reporte de revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA (por sus siglas en inglés). El flujograma del proceso de búsqueda, revisión, filtro y selección de los estudios se presenta a continuación.

Figura 1.

Flujograma del proceso de búsqueda.



5. Proceso de colecta de datos.

Se realizó una búsqueda con características completas de ensayos clínicos aleatorios, con el fin de tener información detallada de cada intervención necesaria para metaanalizar. Todo inicia desde el planteamiento del problema de investigación, se seleccionaron bases de datos que facilitaron la búsqueda de artículos científicos a partir de palabras clave tanto en inglés como en español relacionadas con las características específicas que involucrarán a la variable de investigación, y que facilitan el sustento teórico para el desarrollo de esta.

De los estudios seleccionados se recolectó el promedio y desviación estándar de la variable grasa corporal y colesterol en sangre del grupo control y grupo experimental. Se obtuvo datos tanto por revisión de estadísticos descriptivos y/o contacto vía correo electrónico con los autores de aquellos estudios donde no se publique dicha información, aunque no se tuvo la suerte de respuesta de algún autor.

6. Evaluación de la calidad de los estudios

Se utilizó la escala TESTEX (Smart et al., 2015), la cual es una herramienta nueva y confiable, específica para los investigadores del ejercicio, que facilita una revisión integral de las pruebas de entrenamiento físico. De 15 ítems de la escala se seleccionaron 10; debido a la estructura de los estudios en el área (ver tabla 2).

En este instrumento se asigna un punto (1) si el estudio cumplió con el criterio establecido y un cero (0), si no lo cumplió, la máxima puntuación posible es de 10 puntos, mientras que la mínima es de 0. Es importante que dicho instrumento ya ha sido utilizado en metaanálisis previos para evaluar la calidad metodológica de estudios (Jiménez-Díaz et al., 2021).

Tabla 2.

Criterios utilizados para evaluar la calidad de los estudios según escala TESTEX

Criterio
1. Criterios de elegibilidad claros y se cumplen
2. Grupos sin diferencia estadística en pretest.
3. Más del 85% de los participantes (en los grupos) terminaron el estudio.
4. Se reportan los eventos adversos para cada grupo.
5. Se reporta la asistencia a las sesiones completadas por los participantes que terminaron el estudio.
6. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la variable dependiente principal.
7. Se reporta análisis estadístico entre grupos para las variables secundarias.
8. Se reportan los resultados de variabilidad de las variables secundarias.
9. Se reporta el nivel de actividad física del grupo control.
10. La intensidad de ejercicio se ajustó durante la intervención.

Nota: 10 de los 15 criterios de la escala TESTEX (Smart et al., 2015) que se emplearon en este estudio.

7. Variables por estudiar.

Variable independiente nominal: HIIT.

Variables dependientes continuas: porcentaje de grasa corporal y CT, LDL, HDL.

Variables moderadoras: edad, duración de la intervención en semanas, frecuencia de la intervención, duración por sesión en minutos.

Cálculos de tamaño de efecto: en este metaanálisis se utilizó el tamaño de efecto intra grupos y el modelo de efectos fijos, ya que se asume que la muestra de tamaños de efecto metaanalizados no sea representativa por la heterogeneidad de la población y, por tanto, sus resultados se aplicarán solo a los estudios incluidos en el metaanálisis o a otros con características similares.

8. Procedimiento para el cálculo del tamaño de efecto (TE)

Para realizar el metaanálisis intra-grupos, fue necesario realizar los cálculos de tamaños de efecto (TE) que comparan dos mediciones (pre y post) de dos variables estudiadas (grasa corporal y colesterol en sangre), este se calculó con base en los procedimientos sugeridos por Looney et al., 1994; Grissom & Kim, (2012).

Los análisis para obtener los Tamaños de Efecto (TE) y el TE global (TEg) se realizarán utilizando el programa OpenMEE (Wallace et al., 2017), bajo el modelo de efectos aleatorios con el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML por sus siglas en inglés) y se calcularán los intervalos de confianza al 95% para determinar su significancia.

9. Pruebas de Heterogeneidad y análisis de sesgos

La heterogeneidad de los estudios incluidos se evaluará por medio de la prueba Q de Cochran ($p < 0.05$). Mientras que la inconsistencia se evaluará por medio de la prueba estadística I² (Borenstein et al., 2009; Borenstein et al., 2017; Higgins et al., 2003). Para evaluar el sesgo en general, se utilizará el software RStudio® del 2022, con el que se analizará la simetría de los resultados por medio del gráfico de embudo y la prueba de Egger (Sedgwick & Marston, 2015), los cuales indican la posibilidad de no incluir todos los estudios relevantes en el metaanálisis.

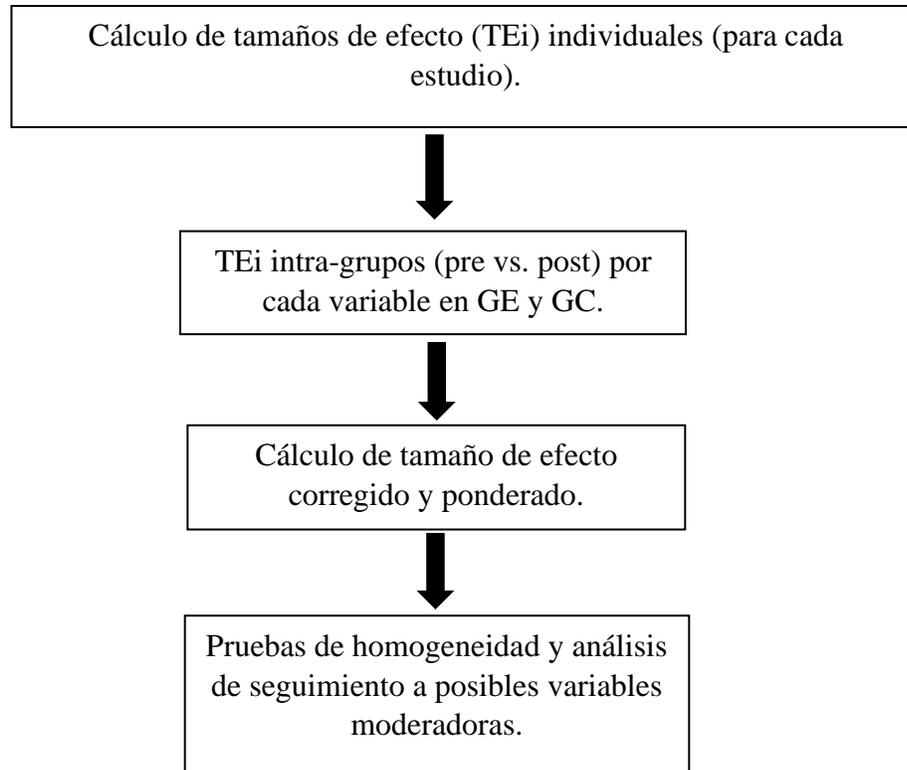
10. Análisis estadísticos

De los estudios seleccionados que cumplieron con los criterios de inclusión previamente establecidos, se seccionaron los datos necesarios para realizar los análisis estadísticos metaanalíticos. Estos análisis fueron realizados con el programa estadístico OpenMEE (Wallace et al., 2017).

El proceso de análisis estadístico general de los metaanálisis se describe en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 2.

Diagrama de flujo del proceso de análisis estadístico para el metaanálisis.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Además, utilizando las fórmulas antes citadas se realizaron pruebas para calcular la varianza, error estándar, intervalos de confianza, promedio ponderado, pruebas de heterogeneidad de estos resultados. Se midió el riesgo de sesgo de publicación y se realizaron pruebas adicionales para examinar el efecto de variables moderadoras en caso necesario.

La justificación de la elección de estas fórmulas se basa en la necesidad de evidenciar efectos de la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas asociadas al cambio con un tratamiento pre -post por medio de la intervención con HIIT.

El proceso de análisis estadístico inició con el cálculo de los TE de los datos de cada estudio (TE_i), según (Thomas & French, 1986), corresponde al cálculo de la magnitud del efecto del tratamiento o intervención en un estudio individual, seguido a eso se aplicaron correcciones de sesgo recomendadas en la literatura especializada (Cooper, Hedges y Valentine, 2009), posteriormente se procedió a calcular el TE_g con el fin de determinar la magnitud del efecto del cúmulo de investigaciones procesadas, sumado a sus respectivos intervalos al 95% de confianza.

11. Metaanálisis intra-grupos

Este modelo se utiliza para metaanálisis mediante los TE que comparan dos mediciones (datos de las mediciones pre y post intervención) de un mismo grupo. Según la disponibilidad de información en los estudios, se realizó metaanálisis intra-grupos para los datos de los grupos experimentales y de los controles por separado. Al igual que en los metaanálisis entre grupos, se empleó el modelo de metaanálisis de efectos aleatorios con el método específico de máxima verosimilitud restringida.

12. Análisis de Variables Moderadoras

Se codificó información para diferentes subgrupos para así identificar la influencia de posibles variables moderadoras. Utilizando el software OpenMEE (Wallace et al., 2017) se realizaron análisis exploratorios por medio de la técnica de meta-regresión (para variables continuas), con una significancia de 0.05.

Capítulo IV RESULTADOS

Resultados de la búsqueda sistemática

Los resultados obtenidos de la búsqueda sistemática y detallada de cada artículo tomando en cuenta todas las palabras claves y variables necesarias para metaanalizar en las bases de datos ya previamente citadas, se logró encontrar un total de 140 estudios de los cuales 32 cumplieron criterios para lectura completa, después de hacer todo el descarte que se describió con detalle en el flujograma (Figura 1), de esos 32 artículos; 24 estudios se excluyeron por las siguientes razones: 9 no estudiaban a la población adulta, si no a niños, adolescentes o a adultos mayores, 10 estudios no reportaban los datos completos de las intervenciones pre y post y 5 estudios eran entre grupos como grupos de edad o sexo, por ende no servía la información que brindaban para efectos de este meta análisis.

Por lo tanto, se incluye un total de 8 estudios para el presente metaanálisis, de los cuales 7 estudios tenían la información de la variable grasa corporal en el grupo experimental y solo 4 estudios reportaron la grasa corporal para el grupo control. En el caso de la variable de colesterol en sangre solo 4 estudios brindaban la información para CT y HDL y solo 3 estudios reportaron los datos del LDL.

En el estudio Elmer et al., (2016) participaron 14 personas, que en su totalidad eran hombres, de los cuales 7 eran del grupo experimental y 7 grupo control, con edad promedio para el grupo experimental de $21,4 \pm 1,1$ años y para el grupo control la edad promedio fue de $21,8 \pm 2,1$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT de carrera continua en banda con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 8 semanas, esta intervención constaba de 3 min de calentamiento, 12 intervalos de 1 min de trabajo con 1 min de recuperación en las primeras 2 semanas, esto se fue modificando a lo largo de las 8 semanas y finalizó con 3 min de enfriamiento.

Por otro lado en el estudio de Fernández et al., (2017) se incluyeron 32 participantes, donde se dividieron en 16 personas para el grupo experimental y 16

para el control. Curiosamente cada grupo contaba con 8 hombres y 8 mujeres con el fin de mejor equidad entre ambos grupos, en este caso la edad promedio del grupo experimental era de $22,62 \pm 1,86$ años y para el grupo control era de $22,13 \pm 1,75$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT de funcionales de autocarga con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 10 semanas, esta intervención constaba de 8 min de calentamiento, 8 ejercicios ejecutados en 20s de trabajo y 10 s descanso (Protocolo Tábata) al 70% VO₂max y finalizó con 8 min de vuelta a la calma.

En el estudio de Lira et al., (2019) participaron 20 personas, de las cuales 10 eran del grupo experimental y 10 grupo control, en su totalidad eran hombres, con edad promedio para el grupo experimental de $26,9 \pm 4,7$ años y para el grupo control la edad promedio fue de $24,6 \pm 3,7$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT de carrera continua con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 5 semanas, esta intervención constaba de 5 min de calentamiento, 8 intervalos de 1 min de carrera al 100% sVO₂peak, con 1 min recuperación pasiva y finalizó con 5 min de enfriamiento.

Ouerghi et al., (2017) incluyó un total de 18 adultos jóvenes, distribuidos en grupo experimental con 9 participantes con peso normal con una edad promedio de $18,1 \pm 0,93$ años y en el grupo control 9 participantes con obesidad con una edad promedio de $18,3 \pm 1,22$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT de carrera continua con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 8 semanas, esta intervención constaba de 10 min de trote continuo, seguido de 5 min de ejercicios dinámicos de estiramiento, 2 series de carreras de 30 segundos al 100-110% de la máxima velocidad aeróbica (MAV), intercalada con 30 segundos de recuperación activa y finalizó con 5 min de enfriamiento.

Para el estudio de Stavrinou et al., (2018) el total de participantes fue de 33, distribuidos para el grupo experimental 21 individuos, de los cuales 14 eran mujeres y 7 hombre que fueron sometidos a HIIT con una evaluación de 2v/s y de 3v/s. Para el grupo control eran 12, que era 8 mujeres y 4 hombres. En cuanto a la edad promedio de los dos grupos fue muy similar, para el grupo experimental fue $31,9 \pm$

2,4 años y para el grupo control fue $31,7 \pm 0,8$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT en cicloergómetro con una frecuencia de 2- 3 veces a la semana durante 12 semanas, esta intervención constaba de 3 min de calentamiento, 10 intervalos de 1 min a una intensidad de ~83 % del W_{pico} obtenido durante la prueba de VO_{2pico} , intercalado con 60 s de ejercicio de baja intensidad (~30 % W_{pico} a 50 rpm) y finalizó con 2 min de enfriamiento a 50 W.

Trapp et al., (2008) incluyó en su estudio un total de 33 mujeres inactivas, distribuidos en 3 grupos: 2 experimentales, de los cuales un grupo contaba con 11 participantes a las que se les aplicó HIIT, el otro grupo experimental estaba compuesto de 7 participantes sometidas a ejercicios de estado estacionario (SSE) y un grupo control integrado por 15 participantes. Las edades promedio de las mujeres era: en el grupo de HIIT $22,7 \pm 0,7$ años, en el grupo SSE $21 \pm 0,8$ años y en el grupo control $22,2 \pm 0,1$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT en cicloergómetro Monark con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 15 semanas, esta intervención constaba de 5 min de calentamiento 60% del VO_2 pico, cada sujeto realizó 8 s de sprint y 12 s de girando los pedales lentamente (entre 20 y 30 r.p.m.) durante un máximo de 60 repeticiones por sesión y finalizó con 2 min de enfriamiento y estiramiento.

El estudio de Viñuela García et al., (2016) se incluyó a 16 participantes en total, divididos para el grupo experimental 9 personas con una edad promedio de $23,7 \pm 2,7$ años y para el grupo control 7 personas con una edad promedio de $24,5 \pm 2,1$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT en cicloergómetro con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 4 semanas, esta intervención constaba de 10 min calentamiento en pedaleo constante a 60-75 rpm, cada sujeto realizó 3-6 series de esprint máximo durante 30 s, con 4 min descanso activo y finalizó con 5 min de enfriamiento a un pedaleo cómodo.

En el caso de Zaer Ghodsi et al., (2016) se incluyeron un total de 20 individuos, en este caso el estudio no contaba con grupo control, el total de participantes era mujeres sanas activas con una edad promedio $24,9 \pm 4,3$ años. En este estudio hubo una intervención de HIIT en carrera continua con una frecuencia

de 3 veces a la semana durante 8 semanas, esta intervención constaba de 1 min calentamiento a velocidad de 5 km/h y luego 15 segundos corriendo a esfuerzo máximo (casi a la velocidad de 11 km/h) y 30 segundos de descanso. Este protocolo se repitió 10 veces por sesión.

En la tabla 3 muestra una síntesis descriptiva de las características principales de cada estudio, metodología y resultados de los estudios incluidos en este metaanálisis.

Tabla 3.

Características de los estudios incluidos en el metaanálisis de efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas.

Autor/año	Características del estudio	Metodología	Resultados
Elmer et al. (2016)	G1: n=7, edad: 21,4 ± 1,1 años. G2: n=7, edad: 21,8 ± 2,1 años. Sexo: hombres Población: sedentarios.	<p>G1: HIIT, G2: ET. Frecuencia: 3 veces/sem x 8 sem. G1 y G2: c/sesión inició con 3 min calentamiento 60% VVO2max. y finalizó con 3 min enfriamiento 60% VVO2max. G1: 12 intervalos de 1 min de trabajo con 1 min recuperación activa. Durante las semanas 1 y 2, los intervalos fueron de 1 min al 90 % de VVO2max y 1 min al 50 % del VVO2max. Durante las semanas 3 a 6, la intensidad aumentó a 1 min al 100 % del VVO2max y 1 min al 50 % del VVO2max, y durante las semanas 7-8 la intensidad aumentó de nuevo a 1 min al 110 % VVO2max y 1 min al 50 % del VVO2máx G2: corrió a un ritmo constante en cada entrenamiento, con la intensidad fijada al 70 % del VVO2max durante semanas 1–2, 75 % del VVO2max durante las semanas 3–6 y 80 % del VVO2max durante las semanas 7 y 8. Tipo de HIIT: Carrera continua en banda.</p>	<p>HIIT disminuyó la TRG plasmática de 92 ± 32 a 61 ± 12 mg dL⁻¹, que fue significativamente diferente de ET, mientras que ET mejoró la relación TC: HDL de 4,67 ± 0,85 a 4,07 ± 0,96 y redujo el porcentaje de grasa androide de 36,78 ± 9,60 a 34,18 ± 11,39 %. Ninguno de los dos protocolos de entrenamiento resultó en una respuesta aguda de IL-6 en el primer ni último día de ejercicio, un cambio en los niveles crónicos de CRP, o un aumento significativo en HDL, a pesar de investigación para encontrar estos cambios.</p>
Fernández et al. (2017)	G1: n=16, edad: 22,62 ± 1,86 años. G2: n=16, edad: 22,13 ± 1,75 años. Sexo: hombres y mujeres Población: físicamente activos.	<p>G1: HIIT, G2: Control. Frecuencia: 3 veces/sem x 10 sem. G1 y G2: c/sesión inició con 8 min calentamiento y finalizó con 8 min vuelta a la calma. G1: 8 ejercicios ejecutados en 20s de trabajo y 10 s descanso (Protocolo Tábata) al 70% VO2max, el número total de series por sesión progresó de dos a cuatro, siempre realizando un minuto de descanso entre cada serie. G2: entrenamiento carrera continua de 60 min al 70% VO2max. Tipo de HIIT: Funcionales de autocarga.</p>	<p>Ambos grupos obtuvieron mejoras significativas (p < .05) en las variables de estudio: peso corporal, % graso y VO2máx. Sin embargo, las mejoras en el grupo HIIT fueron superiores en las tres variables, por lo que se muestra como un entrenamiento más eficaz y eficiente, en términos de volumen/tiempo total de práctica semanal, que el método continuo extensivo basado en la carrera continua.</p>

Continúa en la página 33

Continuación de tabla 3 (viene de página 32)

Autor/año	Características del estudio	Metodología	Resultados
Lira et al. (2019)	G1: n=10, edad: 26,9 ± 4,7 años. G2: n=6, edad: 24,6 ± 3,7 años. Sexo: hombres Población: físicamente activos.	G1: HIIT, G2: MICT. Frecuencia: 3 veces/sem x 5 sem. G1 y G2: c/sesión inició con 5 min calentamiento 50% sVO2pico y finalizó con 5 min enfriamiento 50% sVO2pico. G1: 8 intervalos de 1 min de carrera al 100% sVO2peak, con 1 min recuperación pasiva. G2: entrenamiento continuo al 70% sVO2peak. Tipo de HIIT: Carrera continua.	Los niveles de HDL-c en ayunas no mostraron ninguna diferencia ya sea entre grupos o en respuesta al entrenamiento. Comparaciones revelaron una tendencia hacia un aumento de HDL después de HIIT (Median [IQR]) y MICT (Median [IQR]) (U= 28; p= 0.09). Los parámetros (HDL-c, colesterol total, triglicéridos y no HDL) se incrementaron en el ejercicio post en comparación con el pre-ejercicio durante la primera y última sesión de entrenamiento.
Ouerghi et al. (2017)	G1: n=9, edad: 18,1 ± 0,93 años. G2: n=9, edad: 18,3 ± 1,22 años. Sexo: hombres. Población: sana.	G1: HIIT peso normal, G2: HIIT obesidad. Frecuencia: 3 veces/sem x 8 sem. G1 y G2: c/sesión inició un calentamiento de 10 min de trote continuo al 50% de máximo velocidad aeróbica (MAV), seguido de 5 min de ejercicios dinámicos de estiramiento y finalizó con 5 min enfriamiento. G1 y G2: 2 series de carreras de 30 segundos al 100-110% del MAV, intercalada con 30 segundos de recuperación activa. La progresión del entrenamiento se implementó aumentando el número de repeticiones a partir de la 3ª semana. Tipo de HIIT: Carrera continua.	El programa HIIT resultó en reducciones significativas en la masa corporal (-1.62%, P=0.016, ES=0.11) y masa grasa (-1.59%, P=0.021, ES=0.23) en obesos, pero no en sujetos de peso normal. El tiempo de sprint de 30 m disminuyó significativamente en ambos grupos (-1,77 %, P=0,038, ES=0,12 y -0,72 %, P=0,030, ES=0,16). Colesterol total en plasma (-11,8 %, P=0,026, ES=0,96), colesterol LDL (-11,9 %, P=0,050, ES=0,77) y los triglicéridos (-21,3 %, P=0,023, ES=1,08) disminuyeron significativamente en el grupo de obesos, pero no en el de peso normal grupo. El programa HIIT de ocho semanas dio como resultado una leve mejora en la condición física y una disminución significativa de los lípidos plasmáticos en los obesos. El HIIT de corta duración puede contribuir a mejorar perfil cardiometabólico en el obeso.

Continúa en la página 34

Continuación de tabla 3 (viene de página 32)

Autor/año	Características del estudio	Metodología	Resultados
Stavrinou et al. (2018)	<p>G1: n=21, edad: 31,9 ± 2,4 años. G2: n=12, edad: 31,7 ± 0,8 años. Sexo: hombres y mujeres Población: baja actividad física.</p>	<p>G1: HIIT, G2: control. Frecuencia: 2-3 veces/sem x 12 sem. 3 sem de reacondicionamiento y 8 sem de protocolo HIIT. G1: c/sesión inició con 3 min calentamiento y finalizó con 2 min enfriamiento a 50 W. G1: 10 intervalos de 1 min a una intensidad de ~83 % del Wpico obtenido durante la prueba de VO2pico, intercalado con 60 s de ejercicio de baja intensidad (~30 % Wpico a 50 rpm). G2: no tuvo intervención, continuaron con las actividades diarias habituales. Tipo de HIIT: Cicloergómetro.</p>	<p>En comparación en el control ambos regímenes de entrenamiento resultaron en mejoras similares en VO2pico (HIIT-2: 10,8 %, p = 0,048, HIIT-3: 13,6 %, p = 0,017), circunferencia de cintura (HIIT-2: -1,4 cm, p = 0,048, HIIT-3: -2,4 cm, p = 0,028), área transversal del muslo (HIIT-2: 11,4 cm², p = 0,001, HIIT-3: 9,3 cm², p = 0,001) y la salud física componente de calidad de vida (HIIT-2: 8,4, p = 0,001, HIIT-3: 12,2, p = 0,001). Sin embargo, HIIT-3 confirmó beneficios adicionales relacionados con la salud al reducir el porcentaje de grasa corporal total y del tronco (p < 0,05, comparado con CON), colesterol total y de baja densidad lipoproteína-colesterol (p < 0,02, en comparación con CON) y mejorando el componente mental de la calidad de vida (p = 0,045, en comparación con CON).</p>
Trapp et al. (2008)	<p>G1: n=11, edad: 22,7 ± 0,7 años. G2: n=7, edad: 21 ± 0,8 años. G3: n=15, edad: 22,2 ± 0,1 años. Sexo: mujeres. Población: físicamente inactivos.</p>	<p>G1: HIIT, G2: SSE. G2: Control Frecuencia: 3 veces/sem x 15 sem. G1y G2: c/sesión inició con 5 min de calentamiento al 60% del VO2 pico y finalizó con 5 min de enfriamiento y estiramiento. G1: cada sujeto realizó 8 s de sprint y 12 s de girando los pedales lentamente (entre 20 y 30 r.p.m.) durante un máximo de 60 repeticiones por sesión. G2: realizaron ejercicio durante 10- 20 min, la duración del ejercicio aumentó gradualmente a un máximo de 40 min. G3: los controles no tuvieron intervención. Tipo de HIIT: Cicloergómetro Monark.</p>	<p>El grupo HIIE tuvo una reducción significativa en la masa corporal total (TBM), la masa grasa (FM), la grasa del tronco y los niveles de insulina plasmática en ayunas. Ahí hubo una pérdida de grasa significativa (P<0.05) en las piernas en comparación con los brazos solo en el grupo HIIE. Las mujeres delgadas en comparación con las mujeres con sobrepeso perdieron menos grasa después de HIIE. Las disminuciones en las concentraciones de leptina se correlacionaron negativamente con aumentos en el VO2pico (r= 0.57, P<0.05) y correlacionó positivamente con disminuciones en TBM (r=0.47; P<0.0001).</p>

Continúa en la página 35

Continuación de tabla 3 (viene de página 32)

Autor/año	Características del estudio	Metodología	Resultados
Viñuela García et al. (2016)	G1: n=9, edad: 23,7 ± 2,7 años. G2: n=7, edad: 24,5 ± 2,1 años. Sexo: no se indica. Población: sana.	<p>G1: HIIT, G2: control. Frecuencia: 3 veces/sem x 4 sem. G1: c/sesión inició con 10 min calentamiento en pedaleo constante a 60-75 rpm y finalizó con 5 min enfriamiento a un pedaleo cómodo. G1: 3-6 series de esprint máximo durante 30 s, con 4 min descanso activo. G2: no tuvo intervención. Tipo de HIIT: Cicloergómetro.</p>	<p>En el grupo experimental, la potencia media y máxima incrementó un 9,4-16,5% (p < 0,001). Además, disminuyó la masa grasa total un 8,1% (p < 0,028) y la grasa abdominal un 10,0% (p < 0,038). El grupo control no sufrió cambios en ninguna de las variables estudiadas.</p>
Zaer Ghodsi et al. (2016)	G1: n=20, edad: 24,9 ± 4,3 años. Sexo: mujeres. Población: físicamente inactivos.	<p>G1: HIIT. Frecuencia: 3 veces/sem x 8 sem. G1: c/sesión inició con 1 min calentamiento a velocidad de 5 km/h y luego 15 segundos corriendo a esfuerzo máximo (casi a la velocidad de 11 km/h) y 30 segundos de descanso. Este protocolo se repitió 10 veces por sesión. Tipo de HIIT: Carrera continua.</p>	<p>HIIT redujo significativamente FBS, colesterol, lipoproteínas de baja densidad, alta densidad relación lipoproteína/colesterol y PCR al tiempo que aumenta los niveles de HDL. Hubo una diferencia significativa en el peso, porcentaje de grasa corporal, circunferencia de la cintura, abdomen circunferencia y circunferencia del pecho de los sujetos antes y después del entrenamiento (p <0,05).</p>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Resultados de la evaluación de calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó por medio de una adaptación de la escala TESTEX (Smart et al., 2015).

Tabla 4.

Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en el metaanálisis según la escala TESTEX.

Estudios Criterios	Elmer et al. (2016)	Fernández et al. (2017)	Lira et al. (2019)	Ouerghi et al. (2017)	Stavrinou et al. (2018)	Trapp et al. (2008)	Viñuela García et al. (2016)	Zaer Ghodsi et al. (2016)
1. Criterios de elegibilidad claros y se cumplen.	1	1	1	1	1	1	1	1
2. Grupos sin diferencia estadística en pretest.	1	1	1	1	1	1	1	1
3. Más del 85% de los participantes terminaron el estudio.	1	1	1	1	1	1	1	1
4. Se reportan los eventos adversos para cada grupo.	1	1	1	1	1	1	1	1
5. Se reporta la asistencia a las sesiones completadas por los participantes que terminaron el estudio.	1	1	1	1	0	1	0	0
6. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la variable dependiente principal.	1	1	1	1	1	1	1	1
7. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la (s) variable(s) secundaria(s).	0	0	1	1	0	1	1	1
8. Se reportan los resultados de variabilidad de los resultados de las variables secundarias.	0	0	0	1	1	1	1	1

Continúa en la página 37

Continuación de tabla 4 (viene de página 36)

Estudios Criterios	Elmer et al. (2016)	Fernández et al. (2017)	Lira et al. (2019)	Ouerghi et al. (2017)	Stavrinou et al. (2018)	Trapp et al. (2008)	Viñuela García et al. (2016)	Zaer Ghodsi et al. (2016)
9. Se reporta el nivel de actividad física del grupo control.	0	0	0	1	0	1	0	1
10. La intensidad de ejercicio se ajustó durante la intervención.	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntos	7/10	7/10	8/10	10/10	7/10	10/10	8/10	9/10

Nota: Estudios, los criterios y el puntaje de la escala TESTEX. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio. La cantidad de puntos varían de acuerdo con el diseño metodológico de los estudios. Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la tabla 4 se muestran los criterios metodológicos de los estudios utilizados para metaanalizar, de 15 ítems de la escala original se seleccionaron 10, debido a la estructura de los estudios que se encontraron. Se evaluó con un punto (1) si cumplió con el criterio, y cero puntos (0) si no lo cumplió; el puntaje máximo a obtener fue de 10 puntos; a mayor puntaje mayor calidad.

Como parte de las fortalezas encontradas en los estudios es que la mayoría tenían el criterio de elegibilidad para realizar el metaanálisis (criterio 1) y el criterio del reporte de más del 85% de los participantes que terminaban el estudio (criterio 3), siendo este indispensable para saber si los resultados concuerdan con el número de participantes que reportan al inicio y es que, si alguno de los participantes abandonó el proceso, en su totalidad los estudios lo mencionaban.

Por otra parte, hubo criterio que la mayoría de los estudios metaanalizados no lo cumplían, el criterio del reporte de la asistencia a las sesiones completadas por los participantes que terminaron el estudio (criterio 5). Se encontró un estudio que no mencionaba la actividad física del grupo control (criterio 9) y otro en el que no se ajustó la intensidad del ejercicio durante la intervención (criterio 10).

Resultados del metaanálisis

A continuación, en la Tabla 5, se presentan los análisis de la estadística descriptiva donde se muestran los TEi globales calculados para cada una de las variables (grasa corporal del grupo experimental y control, colesterol total, HDL y LDL), su significancia (p), el intervalo de confianza (IC_{95%}), los análisis de heterogeneidad (Q, I²), en la Q se indica su respectiva significancia (p). Estos corresponden al efecto crónico del HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas.

Tabla 5.

Estadística descriptiva de los TE globales para cada variable dependiente.

Variable	TE	P	IC 95%	n	Q	p	I ² (%)
Grasa corporal (GE)	-0.297	0.045	-0.588 a -0.007	7	3.583	0.733	0
Grasa corporal (GC)	-0.043	0.832	-0.435 a 0.350	4	0.824	0.844	0
CT	-0.536	0.004	-0.901 a -0.171	4	0.824	0.844	0
HDL	0.475	0.324	-0.468 a 1.418	3	19.252	<0.001	83
LDL	-0.473	0.020	-0.871 a -0.076	4	0.369	0.831	0

Nota: GE: Grupo experimental, GC: Grupo control, CT: Colesterol Total, HDL: High Density Lipoprotein (HDL), LDL: Low Density Lipoprotein, TE: Tamaño de Efecto global (TE), P: significancia, IC: Intervalos de Confianza, Q: Prueba de heterogeneidad, p: Significancia de Q, I²: Porcentaje de heterogeneidad. Fuente: elaboración propia, 2022.

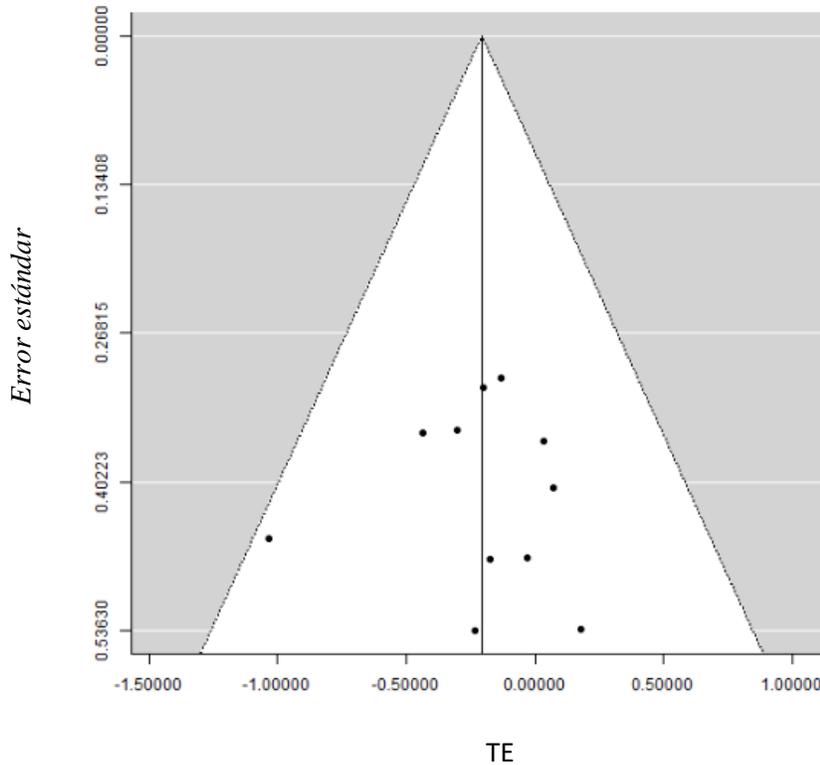
En los resultados obtenidos se resumen los TE globales de cada variable estudiada con respecto al efecto crónico del HIIT, en el caso de la grasa corporal del grupo experimental se obtuvo un TE global negativo (TE= -0.297; p= 0.045; IC_{95%} -0.588 a -0.007; I²= 0%), esto significa que al ser negativo hubo una reducción de la grasa corporal al recibir la intervención con el HIIT, pero además según IC este resultado es estadísticamente significativo y una heterogeneidad del 0% que lo convierte en una variable de un comportamiento homogéneo. En el caso de la grasa corporal del grupo control se obtuvo un TE global negativo (TE= -0.043; p= 0.832; IC_{95%} -0.435 a 0.350; I²= 0%), que significa que hubo reducción de la grasa corporal, pero en este caso no hubo un resultado estadísticamente significativo.

Por otra parte, en la variable de colesterol en sangre fue analizado el CT, HDL y LDL, en el caso del CT el TE global fue negativo (TE= -0.536; p= 0.004; IC_{95%} -0.901 a -0.171; I²= 0%), esto significa que al ser negativo hubo una reducción del CT al recibir la intervención con el HIIT, pero además según IC este resultado es estadísticamente significativo y una heterogeneidad del 0% que lo convierte en una variable de un comportamiento homogéneo. En este resultado el TE global del HDL fue positivo (TE=0.475; p= 0.324; IC_{95%} -0.468 a 1.418; I²= 83%), esto significa que esta variable aumentó con la intervención del HIIT sin embargo no hubo un resultado estadísticamente significativo, además tuvo un porcentaje de heterogeneidad alto que refleja una alta dispersión. Y por último en la variable LDL se obtuvo un TE global negativo (TE= -0.473; p= 0.020; IC_{95%} -0.871 a -0.076; I²= 0%), esto significa que esto significa que al ser negativo hubo una reducción del LDL al recibir la intervención con el HIIT, pero además según IC este resultado es estadísticamente significativo y una heterogeneidad del 0% que lo convierte en una variable de un comportamiento homogéneo.

En el Funnel Plot (Figura 3) se asume un comportamiento simétrico alrededor del TE, lo que indica que no hay presencia de sesgo en general, a pesar de que la interpretación de la figura es subjetiva. Los resultados del metaanálisis no cambian pues se mantiene un tamaño de efecto global estadísticamente distinto de cero.

Figura 3.

Funnel Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal en personas adultas. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos Datos de grupos experimentales y controles.



En total se realizaron cuatro Forest Plot de tamaños de efecto global para el HIIT en grupos experimentales, el primero en la grasa corporal (Figura 4), el segundo en colesterol total (Figura 5), el tercero en colesterol HDL (Figura 6) y el cuarto en colesterol (Figura 7) para el cambio entre pre y post test.

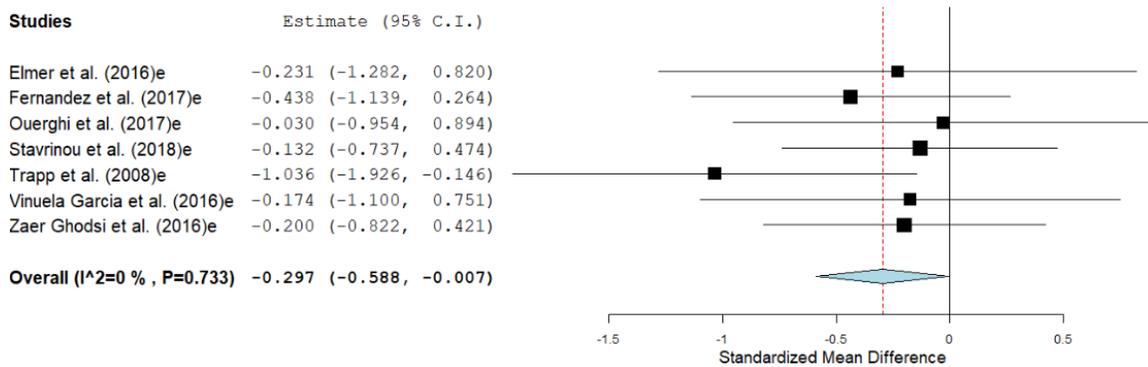
En general, el TE global indica según los intervalos de confianza (IC_{95%}) que la grasa corporal, el CT y LDL son variables estadísticamente significativas con la intervención del HIIT, entre otras palabras indican que hay una reducción de los valores al realizar el HIIT.

Por otro lado, el HDL no tuvo resultados significativos según el IC_{95%}, cabe destacar que hubo un estudio extremo que pudo alterar el resultado global (Zaer Ghodsi et al., 2016) y otro con resultados diferentes a los esperados que habrá que

analizar con detalle las características el estudio para conocer el comportamiento (Stavrinou et al., 2018).

Figura 4.

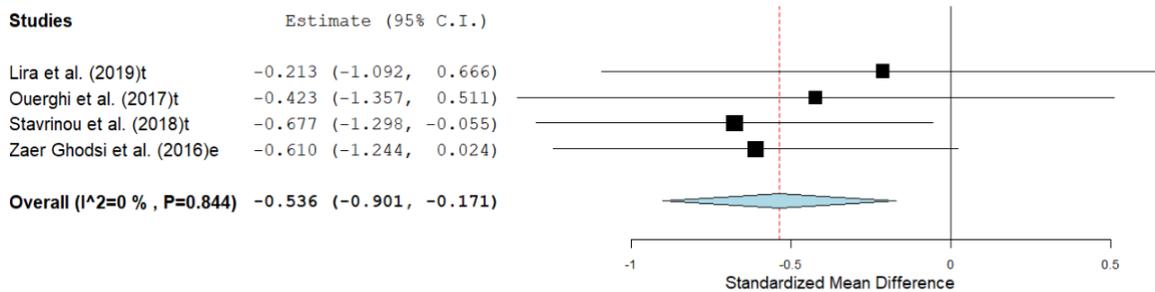
Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.



TE negativo indica disminución de grasa corporal

Figura 5.

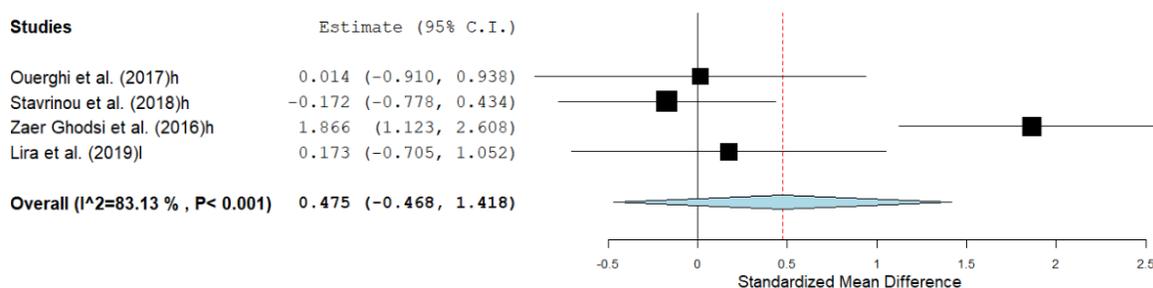
Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el colesterol total (CT) en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.



TE negativo indica disminución de CT

Figura 6.

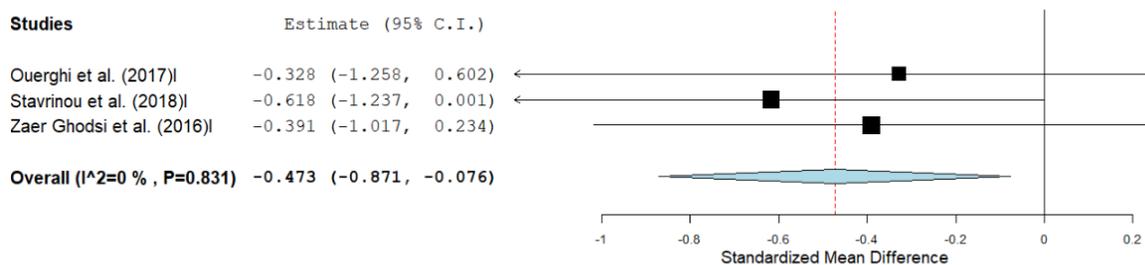
Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el colesterol HDL en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.



TE positivo indica aumento del HDL

Figura 7.

Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el colesterol LDL en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.



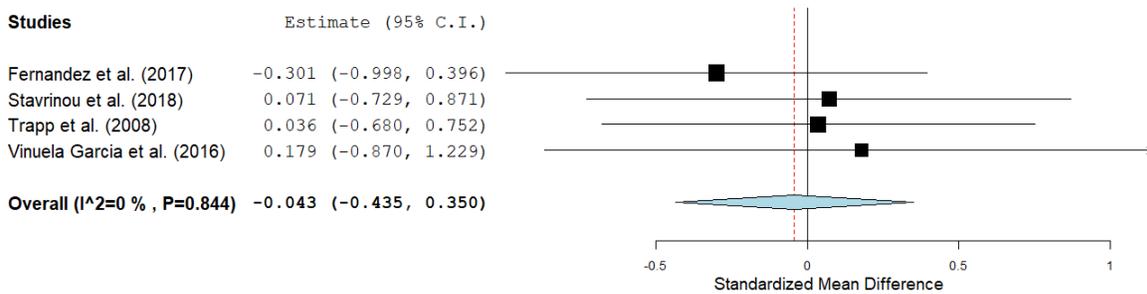
TE negativo indica disminución de LDL

En el caso de la figura 4 que muestra los efectos crónicos del HIIT en la grasa corporal de los grupos controles, se observa una tendencia esperada ya que la mayoría de los grupos controles que no tenían ninguna intervención aumentaron la grasa corporal tomando en cuenta el pre y post test, a pesar de que el resultado no

sea estadísticamente significativo. Pero de los 4 estudios analizados 3 indican que hubo incremento en el porcentaje de grasa en este grupo.

Figura 8.

Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre la grasa corporal en la población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos controles HIIT.

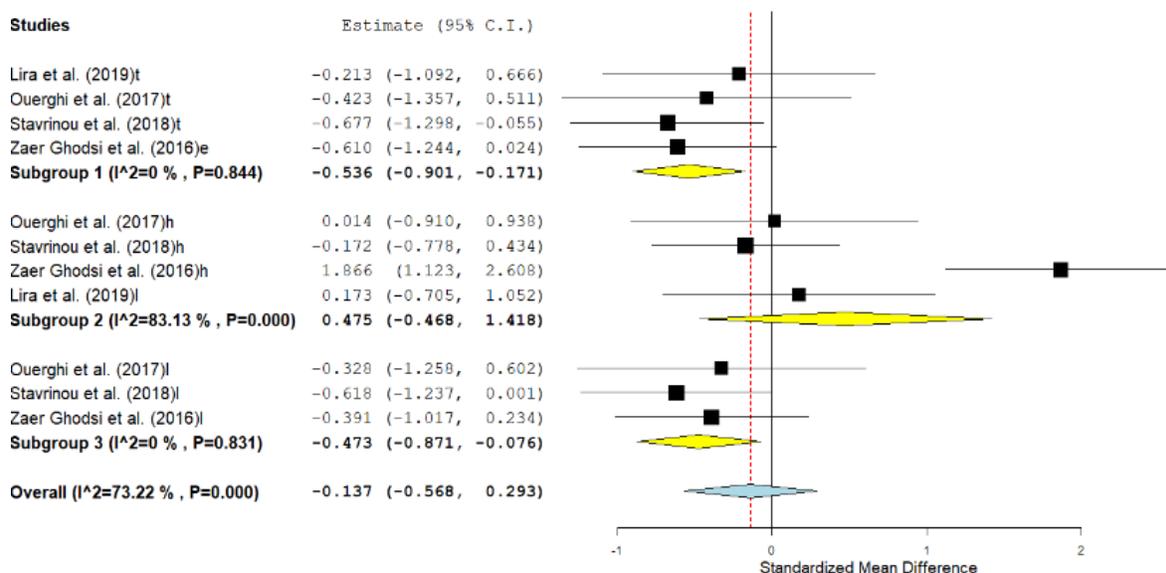


TE positivo indica aumento de grasa corporal

En la Figura 9, se hace un Forest Plot con los subgrupos de grasa corporal, donde se observa el comportamiento de cada uno de los grupos, como se mencionó anteriormente tanto la grasa corporal, CT y LDL fueron variables significativas estadísticamente y por el contrario el HDL no lo fue, pero en este gráfico se visualiza los TE global para cada grupo quedando en evidencia de la gran variabilidad del TE del HDL y que se visualiza un valor extremo en la figura del estudio de Zaer Ghodsi et al., (2016).

Figura 9.

Forest Plot de los efectos crónicos de HIIT sobre el CT, HDL, LDL colesterol en población en estudio. Tamaños de efecto (TE) pre vs post test intra-grupos. Datos de grupos experimentales HIIT.



TE negativo indica disminución y positivo un aumento

Análisis de variables moderadoras

Las variables moderadoras analizadas que se incluyeron fueron la edad, duración de la intervención, frecuencia del entrenamiento semanal y duración de la sesión, se analizaron por medio de meta-regresiones, por ser variables de medición continua. El análisis del sexo no se pudo efectuar, ya que pocos estudios presentaron la información separada por hombres y mujeres, como el número de estudios no eran tantos quedaba muy reducido este análisis.

La edad de los participantes (Figura 10) no predice de manera significativa un efecto moderador del HIIT en la grasa corporal, entre otras palabras el tamaño de efecto promedio es similar para todas las edades por eso no hubo diferencia significativa para la reducción de grasa corporal en la intervención con el HIIT en los grupos experimentales.

La duración de la intervención en semanas (Figura 11), no tuvo un efecto moderador estadísticamente significativo, pero si se observa la figura a menor número de semanas de intervención el TE es más pequeño y de poca influencia, por ende, a mayor número de semanas de intervención mayor será el TE aportando mayor contribución en el resultado.

En el caso de la variable moderadora de la frecuencia del entrenamiento semanal, no se le realizó análisis ya que el 100% de los estudios metaanalizados indicaban que se realizaba la intervención tres veces a la semana, por ende, no era posible hacer el análisis.

Por último, la variable de duración de la sesión en minutos (Figura 12) no indica un efecto moderador estadísticamente significativo, donde muestre que los minutos de duración de la sesión entre los grupos metaanalizados sean significativos para obtener resultados en la grasa corporal. Sin embargo, en la figura se puede observar una tendencia a disminución según sean más los minutos que duraba cada sesión de entrenamiento.

Figura 10.

Meta- regresión de la edad de los participantes con respecto a la intervención del HIIT sobre la grasa corporal en el grupo experimental.

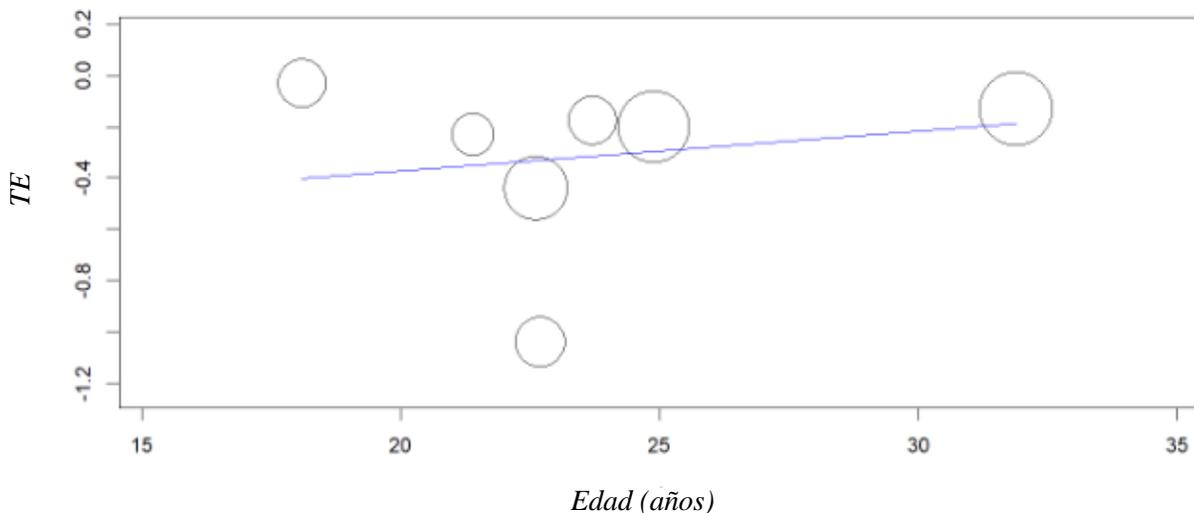


Figura 11.

Meta-regresión de la duración del entrenamiento con respecto a la intervención del HIIT sobre la grasa corporal en el grupo experimental.

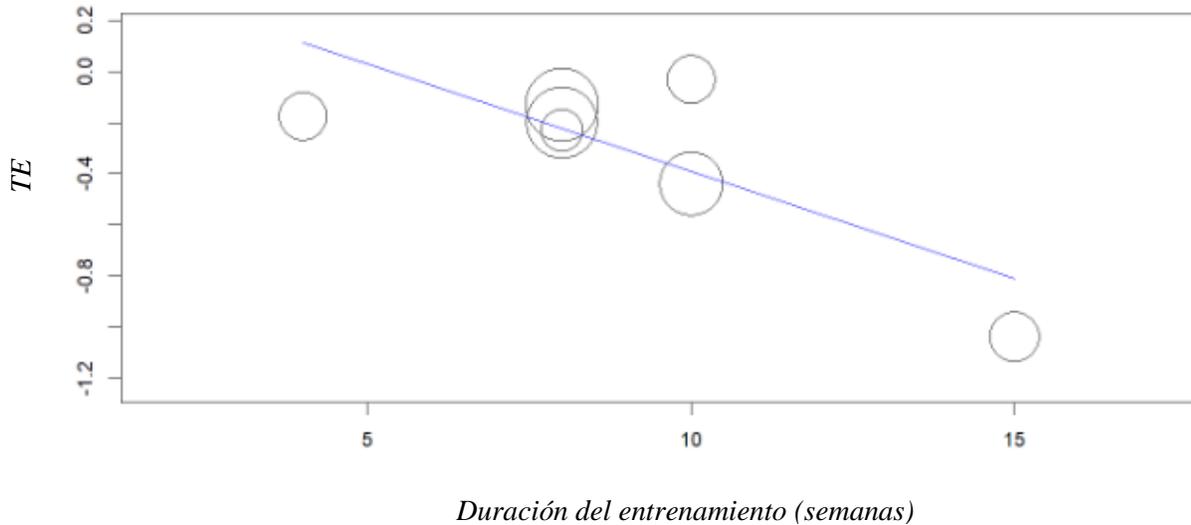
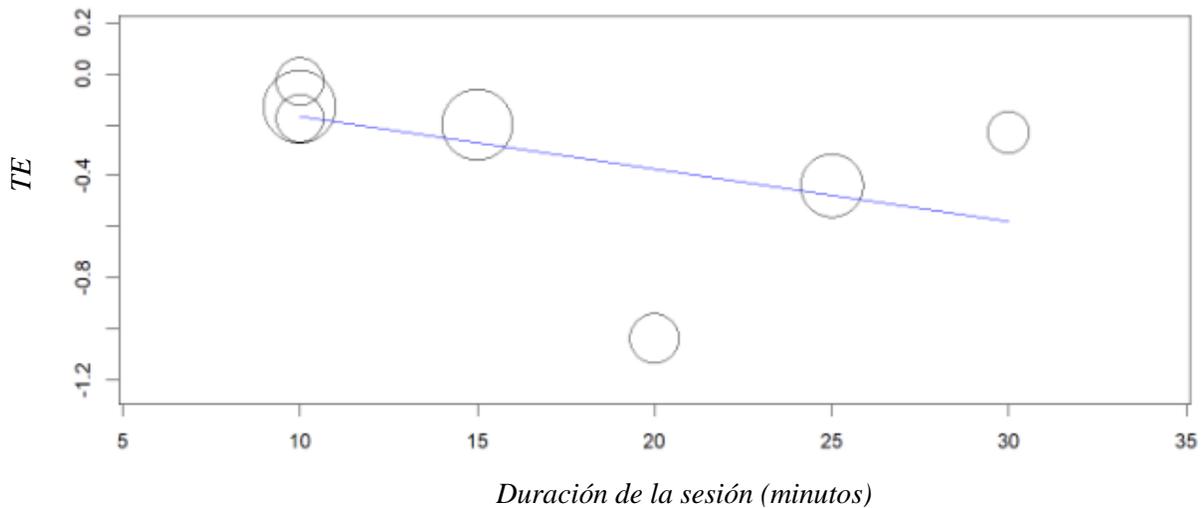


Figura 12.

Meta-regresión de la duración de la sesión con respecto a la intervención del HIIT sobre la grasa corporal en el grupo experimental.



Con lo mencionado anteriormente, se concluye que hay evidencia débil en las cuatro variables moderadoras que produzca un TE significativo, igualmente no se puede descartar que hay una tendencia que a mayor número de semanas de intervención o a mayor tiempo de duración el resultado es mejor.

Capítulo V DISCUSIÓN

El propósito de este metaanálisis fue determinar el efecto crónico del HIIT en la grasa corporal y colesterol en sangre en adultos mediante análisis estadístico que a la vez identifiquen las posibles variables que generen un efecto moderador estadísticamente significativo. Algunos de los resultados fueron estadísticamente significativos y en este apartado se van a discutir y respaldar con otros estudios que hayan tenido un resultado similar.

En este metaanálisis se incluyeron 8 estudios para analizar de los cuales solo 7 tenían grupo experimental en la variable dependiente de grasa corporal y solo 4 de estos presentaban grupo control, en el caso de la variable de colesterol en sangre solo 4 del total estudiaban esta variable y al subdividirlo en los tipos de colesterol, solo 4 reportaban el CT, HDL y únicamente 3 reportaron el LDL. Según varios estudios (Fau & Nabzo, 2020; Ojeda & Wurth, 2014; Turner & Rabiou, 2006) no está determinado el número mínimo de estudios a partir del cual se puede realizar un metaanálisis ni los descartes que estos tengan a lo largo de la metodología, siempre y cuando estén respaldados con criterios de calidad (Smart et al., 2015).

Con respecto a los 8 estudios seleccionados es importante mencionar que cada uno tuvo características diferentes en la metodología como por ejemplo: no tienen exactamente el mismo objetivo aunque parezca similar; las poblaciones de pacientes y la enfermedad no son exactamente iguales en sus características; las variables de resultado utilizadas no están definidas exactamente igual, ni están medidas exactamente de la misma manera; las intervenciones aplicadas a los participantes no son exactamente las mismas aunque lleven el mismo nombre. Esto hace que se pueda presentar heterogeneidad en los resultados aunque todos apliquen el HIIT como intervención en común (Escrig Sos et al., 2021).

Cabe destacar como parte de las características 4 de los 8 estudios aplicaron HIIT en carrera continua, mientras que 3 de los 8 estudios aplicaron HIIT en el cicloergómetro y solo 1 de los 8 estudios aplicó el HIIT en funcionales. Con respecto a la modalidad intermitente autores como Jiménez-Pavón & Lavie, (2017) sugieren

que no importa el tipo de HIIT que se use sino que todo se debe a la intensidad y características intermitentes.

El sesgo es evaluado mediante el Funnel Plot, el cual es una interpretación gráfica de este análisis. Sin embargo, cuando en un metaanálisis se hayan incluido pocos estudios la gráfica Funnel mostrará pocos puntos, lo cual dificultará su interpretación (Escrig Sos et al., 2021). En este metaanálisis se muestra una simetría en los artículos revisados que indica que no hubo sesgo lo que indica que hay confiabilidad en los estudios seleccionados, a pesar de que la interpretación de la figura es subjetiva.

Una de las variables a estudiar es la grasa corporal, el resultado obtenido fue un TE global negativo que era lo esperado (TE= -0.297; p= 0.045; IC 95% -0.588 a -0.007; I²= 0%), según IC esta variable es estadísticamente significativa, es importante mencionar que la mayoría de la población estudiada tenía un porcentaje de grasa sobre lo normal (24.49±5.12) según parámetros establecidos por (Colón et al., 2009). Este resultado coincide con un investigación realizada por Aravena-Kenigs et al., (2014) que tenía como propósito de determinar el efecto de un HIIT sobre el porcentaje de grasa y otras variables en una muestra de 23 sujetos (n=23, 14 hombres y 9 mujeres), a los participantes se les aplicó un HIIT 2 veces a la semana durante 24 sesiones, evaluando pre y post test sobre las variables, obteniendo como resultado una disminución significativa en el porcentaje de grasa corporal (p<0,05).

Por otra parte Bermejo et al., (2018), realizó una investigación donde compara los efectos sobre el rendimiento y la composición corporal de dos protocolos diferentes de HIIT, el estudio lo hizo con 14 varones jóvenes (edad: 21,67±1,61 años; altura: 1,73 ± 0,06 metros; peso: 76,07 ± 12,96 kg), fueron divididos en dos grupo experimentales: uno realizó sprint en bicicleta y el otro ejercicios funcionales de fuerza, donde concluye que ambos protocolos de HIIT generaron resultados estadísticamente significativos en la disminución de peso graso y el porcentaje de grasa, así como en las otras variables tras el programa de entrenamiento, otro estudio que respalda este resultado es Martins et al., (2016)

que aunque evaluaba otras variables a parte de la grasa corporal, llegaba a la misma conclusión.

Alonso-Fernández et al., (2019) analizaron el efecto del HIIT basado en ejercicios funcionales sobre el porcentaje de grasa corporal y la capacidad cardiorrespiratoria en un grupo de adolescentes, en el estudio participaron 26 sujetos divididos en un grupo experimental y uno control, obteniendo como resultado una reducción significativa el porcentaje de grasa corporal ($t = 4,05$, $d = 1,59$, $P < 0,001$), llegando a la conclusión que el HIIT aplicado en el entrenamiento funcional es igual de determinante para contrarrestar la obesidad en la población joven, dado su impacto en la reducción de la grasa corporal en los individuos involucrados.

Louzada Júnior et al., (2020) identificaron en el estudio el efecto del HIIT sobre la composición corporal, el perfil lipídico y el metabolismo de la glucosa en diabéticos de edad avanzada, este estudio se realizó en adultos mayores ($n=48$) que fueron divididos en tres grupos: un grupo control, otro con protocolo MICT y el tercero con HIIT. Una vez aplicada la intervención se tiene como resultado una reducción significativamente los niveles de colesterol y triglicéridos en el grupo HIIT, también hubo aumento significativo en el HDL por parte de ambos grupos experimentales, aunque se concluye que HIIT es más efectivo que MICT para mejorar los perfiles de lípidos. Este resultado también concuerda con el estudio de Delgado-Floody et al., (2021), cabe resaltar que ambos estudios se realizaron en el adultos mayores y en el metaanálisis de esta investigación la población eran adultos jóvenes (23.6 ± 1.99 años) que aun así tuvieron una reducción significativa en la grasa corporal.

Por otro lado, Marzuca-Nassr et al., (2020) desarrollan un estudio similar al anterior, donde involucran a la población adulta mayor, estudiaron los efectos de HIIT que se aplicó durante de 12 semanas sobre la modificación de parámetros de composición corporal, capacidad funcional, así como marcadores de homeostasis de lípidos y glucosa, la diferencia de este estudio es que comparaba el efecto en jóvenes sanos vs mayores. El estudio concluye que el HIIT mejoró el porcentaje de masa grasa corporal total ($P = 0,031$) en ambos grupos.

Otro estudio que respalda el resultado obtenido en este metaanálisis es el de Sogaard et al., (2018), realizaron una investigación que estudiaba el beneficio metabólico del HIIT en personas adultas mayores, de este estudio participaron 22 sujetos sedentarios masculinos (n=11) y femeninos (n=11) de 63 ± 1 años de edad, los participantes realizaron entrenamiento HIIT 3 v/s durante 6 semanas en una bicicleta ergométrica. Los mostraron significancia en el porcentaje la grasa corporal ($p < 0,05$) debido a que disminuyó después de seis semanas de HIIT.

Otra de las variables que se analizó fue el colesterol en sangre CT tuvo un TE global negativo que era lo esperado (TE= -0.536; $p = 0.004$; IC_{95%} -0.901 a -0.171; $I^2 = 0\%$), obteniendo como resultado estadísticamente significativo según los IC, es importante resaltar que este resultado los estudios los sujetos no reportaban un CT alto (126.48 ± 18.61 mg/dl) que según NIH, (2021) son rangos normales para la población adulta. Por otro lado, el HDL tuvo un TE global positivo, que era el esperado (TE=0.475; $p = 0.324$; IC_{95%} -0.468 a 1.418; $I^2 = 83\%$), sin embargo, este resultado no fue estadísticamente significativo. Por último, el LDL que obtuvo un TE global esperado negativo (TE= -0.473; $p = 0.020$; IC_{95%} -0.871 a -0.076; $I^2 = 0\%$), que indica que hubo disminución al intervenir con el HIIT y según IC el resultado es estadísticamente significativo.

El estudio realizado por Magalhães et al., (2020) coincide con los resultados obtenidos en el metaanálisis, se trató de un ensayo controlado aleatorizado de 1 año con pacientes diabéticos tipo 2, donde se analizó el impacto del HIIT combinado con entrenamiento de fuerza (RT) y el MICT con RT sobre el perfil inflamatorio y lipídico en esta población. Las sesiones de ejercicio fueron supervisadas durante 1 año con una frecuencia de 3 veces a la semana. El grupo HIIT con RT mejoró el CT ($\beta = -0.03$, $p = 0.045$) y LDL-C ($\beta = -0.03$, $p = 0.034$), en comparación con el control.

Por otro lado, Vella et al., (2017) realizaron una investigación donde compararon la adherencia, el disfrute y los resultados cardiometabólicos después de 8 semanas de HIIT o MICT emparejados por gasto de energía, en adultos jóvenes con sobrepeso y obesidad. En el estudio participaron 17 adultos que se

sometieron a un entrenamiento de 12 semanas, pero solo 3 semanas eran supervisadas, las sesiones duraban 30 min. Después del entrenamiento, HIIT mostró una mayor disminución del colesterol de LDL que MICT (-0,66 mmol L⁻¹ vs. -0,03 mmol L⁻¹, respectivamente), este resultado coincide con este metaanálisis recalcando que la población estudiada no tenía el LDL elevado al inicio de la intervención como sucede en el estudio de Vella et al., (2017).

También hubo coincidencia con el estudio de Musa et al., (2009) donde se examinó el impacto del HIIT durante de 8 semanas sobre el colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL-C), el colesterol total (CT) y el índice aterogénico (TC/HDL-C) en 36 hombres no entrenados con edades entre 21-36 años. Los resultados indicaron cambios significativos antes y después del entrenamiento en HDL-C (1,1 frente a 1,3 mmolxL, $p < 0,0001$) y TC/HDL-C (3,8 frente a 3,1, $p < 0,0001$). Este estudio concluye que un programa de 8 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad es efectivo para provocar cambios favorables en HDL-C y TC/HDL-C pero no en CT en hombres adultos jóvenes con niveles normales de CT.

En la variable de HDL hubo un estudio extremo por parte de Zaer Ghodsi et al., (2016) en el cual hubo un incremento muy notorio con esta variable, pasó de estar en 42.8 ± 3.7 mg/dl a 52.6 ± 6.27 mg/dl y revisando la intervención en esta investigación no se encontró nada diferente a los demás estudios en cuanto a las características de la metodología.

La meta regresión se aplicó únicamente a los estudios de grasa corporal en el grupo experimental que aparte de ser una variable significativa era la que presentaba más números de estudios, dado que hay posibilidades que la meta regresión tenga un dato poco confiable cuando el número de estudios es bajo (Escrig Sos et al., 2021). En los resultados de la meta regresión se concluye tanto la edad de los participantes como la duración de la intervención y la duración de la sesión no son significativos para el resultado que se obtuvo.

La grasa corporal ha sido de las variable más estudiadas con respecto a medir el efecto al aplicar un programa de HIIT, García-Pinillos et al., (2019)

realizaron un estudio que medía el efecto de un programa simultáneo de HIIT durante de 12 semanas sobre el rendimiento físico regular en personas adultas mayores, en este estudio participaron 90 sujetos divididos en dos grupos (experimental (GE), n = 47 y al grupo control (GC), n = 43). Noventa adultos mayores activos fueron asignados aleatoriamente al grupo (experimental (GE), n = 47 y al grupo control (GC), n = 43). La interacción grupo x tiempo mostró mejoras significativas para el GE en parámetros de composición corporal ($p \leq 0,05$) y funcionamiento físico (fuerza muscular: $p < 0,001$; movilidad: $p < 0,001$; y equilibrio: $p \leq 0,05$); mientras que el GC se mantuvo sin cambios ($p \geq 0,05$). Esta información coincide con el estudio de Hooshmand Moghadam et al., (2021) que evalúan la grasa corporal con una intervención de 12 semanas de duración pero con la diferencia que era en mujeres menores a 60 años, lo que respalda el criterio que hay reducción de grasa corporal indiferentemente de la edad.

Por otro lado, el estudio de Figueiredo et al., (2019) respaldan el resultado mencionado anteriormente, ellos llegan a la conclusión en su estudio que después de 8 semanas de HIIT, hubo una disminución significativa en los valores de frecuencia cardíaca ($p < 0,05$), un aumento en HDL en sangre ($p < 0,001$). Por otra parte Almenning et al., (2015) concluyen en su estudio que la composición corporal mejoró significativamente después del entrenamiento de fuerza y del HIIT, después de transcurrir 10 semanas de intervención. Esto indica que sin importar el número de semanas de intervención ambos estudios hubo mejoras en los indicadores.

Un estudio desarrollado por Dupuit et al., (2022) evalúa la eficacia de HIIT para reducir el peso, la masa grasa total y la grasa (intra)abdominal en mujeres con peso normal y con sobrepeso/obesidad antes y después de la menopausia. El estudio recalca que los programas HIIT en general disminuyen significativamente el peso, la grasa total y abdominal en las mujeres. Este dato concuerda con un estudio realizado por Chin et al., (2020) se comparó los efectos de diferentes frecuencias de HIIT con las del MICT sobre la composición corporal en adultos con obesidad o con sobrepeso, ambos grupos realizaron la intervención 3 veces a la semana y cada variable se examinó pre y post a las 4 semanas y 8 semanas de intervención.

Los resultados demostraron que realizar HIIT una vez a la semana, incluso con un volumen semanal de ejercicio más bajo, mejoró la condición cardiorrespiratoria, la composición corporal y la presión arterial en adultos con sobrepeso/obesidad.

Por otro lado, un estudio realizado por Vidal-Almela et al., (2021) mencionan los efectos principales significativos del tiempo por sesión que mostraron reducciones en la circunferencia de la cintura, triglicéridos, LDL, CT, ansiedad, y aumentos en el VO₂máx y HDL desde el inicio hasta el seguimiento. Este estudio coincide con Mirghani & Yousefi, (2015) que investigaron los efectos de diferentes intervalos de recuperación durante los programas de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre las enzimas hepáticas y los niveles de lípidos séricos de mujeres con sobrepeso. En total participaron 54 mujeres (34,42 ± 5,3 años), el protocolo de ejercicio incluyó 4 semanas de 4 intentos, 3v/s al 80 % de la frecuencia cardíaca reservada aumentada a 10 intentos en la cuarta semana. Según el resultado de esta investigación, 4 semanas de actividades HIIT no producen cambios significativos en los índices de lípidos en sangre ni en las enzimas hepáticas. Sin embargo, se observó un cambio considerable en el porcentaje de grasa corporal que puede atribuirse al protocolo de ejercicio.

Este metaanálisis concluye que hay cambios estadísticamente significativos del HIIT en la disminución de la grasa corporal, CT y LDL, mientras en el incremento del HDL no hubo resultados significativos del efecto del HIIT. Cabe resaltar que en los estudios metaanalizados no había rangos de HDL bajos, por ende, es complicado aumentar estos niveles si ya se encuentran en la normalidad.

Para finalizar es importante mencionar que el HIIT tiene un efecto significativo en la disminución de la grasa corporal sin importar la edad del sujeto, las semanas de duración de la intervención, así como el tiempo de duración de cada sesión, estos datos no fueron relevantes según el resultado de las metas regresiones.

Capítulo VI CONCLUSIONES

En este apartado se mostrarán conclusiones obtenidas durante el proceso de revisión sistemática y metaanálisis de evidencias del efecto crónico del HIIT sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas.

Se concluye que hubo un efecto estadísticamente significativo del HIIT sobre la grasa corporal, CT y LDL, pero no lo hubo para el HDL. Debido a que hubo múltiples razones por las cuales pudo haber mejoras en los resultados, dentro de ellos el número de estudios que se analizaron, las características de los participantes, así como las características de las intervenciones que se usaron.

Se logró examinar TE_{gl} de 7 de los 8 estudios a metaanalizar en la variable de grasa corporal para grupos experimentales y 4 de los 8 estudios para grupo control, el faltante no presentaba los datos estadísticos sobre la grasa corporal. En la variable de colesterol en sangre se subdividió la información en donde examinaron 4 de los 8 artículos para CT y HDL, mientras para el LDL se analizaron únicamente 3 de los 8 totales. De los estudios que cumplieron con los criterios de selección, se logró evidenciar un TE promedio global ponderado grande estadísticamente significativo comparado solo intra-grupos experimentales para las variables grasa corporal, CT y LDL, mientras que para el HDL no hubo resultados estadísticamente significancia.

Se encontró evidencia de heterogeneidad en los TE individuales únicamente en la variable de HDL, con un porcentaje de heterogeneidad alto (83%) y en la variable de grasa corporal, CT y LDL el resultado fue de 0% lo que indica que fueron TE homogéneas. La meta regresión se realizó como análisis en la variable de grasa, tomando en cuenta las variables moderadoras de edad, duración de la intervención y duración de la sesión, los cuales no dieron resultados estadísticamente significativos, lo que indica que no es relevante las variables moderadoras sobre la significancia de la reducción de la grasa corporal en la intervención con el HIIT. Cabe mencionar que la frecuencia la semana no se pudo analizar debido a que todas las intervenciones se realizaron en la misma frecuencia.

Se concluye de forma general con base a los estudios metaanalizados que, si hay un efecto significativo del HIIT en la grasa corporal independientemente de la edad, duración de la intervención y duración de la sesión. También hubo un resultado significativo en la disminución del CT y LDL, mientras que para el HDL no hubo resultados estadísticamente significativos.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

Investigar no solo el efecto crónico del HIIT sino el efecto agudo y compararlos para ver si existe algún resultado estadísticamente significativo o bien estudiar una única variable dependiente con esta misma propuesta de estudio, para obtener mayor número de estudios para metaanalizar y así poder usar más variables moderadoras que profundicen la metodología y características de cada artículo.

Estudiar HIIT y el impacto en la grasa corporal, tomando en cuenta otra variable que estudie el comportamiento de la alimentación de los participantes, tal como la frecuencia de consumo, ingesta de alimentos mediante un registro o tipo de alimentación, ya que son variables que se han estudiado para evaluar la grasa corporal, pero no bajo el contexto del efecto junto con el HIIT. También analizar la composición corporal tomando en cuenta factores como la masa magra y grasa tomados con diferentes métodos como por ejemplo las medidas antropométricas e impedancia eléctrica.

Realizar este mismo estudio comparando personas físicamente activas y sedentarias, para así tener más evidencia para incentivar a la población sobre los efectos positivos que se pueden obtener al realizar el HIIT o bien comparar el HIIT y el MICT en una población en específico, recalcando los beneficios metabólicos que este tiene.

Hacer investigaciones que incluyan otras variables moderadoras que expliquen en mayor medida el comportamiento de la intervención con el HIIT, por ejemplo, diferencias entre sexos, entre protocolos de entrenamiento y tipos de entrenamiento o estado nutricional según el IMC o clasificación de grasa corporal que da un mejor perfil del estado nutricional del individuo.

Investigar el comportamiento de las variables dependientes a lo largo del tiempo o mediante un estudio longitudinal, para no solo ver el resultado en tiempo corto de 4 u 8 semanas si no en meses de intervención y también medir la

adherencia del HIIT no solo como un método momentáneo si no como una herramienta para mejorar la salud y estilo de vida.

Realizar un estudio comparativo que involucre los efectos positivos del HIIT como tratamiento en ECNT comparado con el tratamiento farmacológico, y evaluar las diferencias significativas que conlleven al estudio, para así implementar el HIIT como parte del tratamiento con un respaldo científico.

Diseñar un protocolo de HIIT para el tratamiento en pacientes con problemas de Sobre peso, Obesidad y Dislipidemias, que vaya acorde la situación del paciente para incentivar una actividad física que se aplique en menos tiempo, pero mayor intensidad, tomando en cuenta características de estos pacientes y complementando de forma interdisciplinaria con otras profesiones del sector salud.

REFERENCIAS

Se identifica por medio de un asterisco (*) a los estudios que fueron incluidos en el metaanálisis.

- Almenning, I., Rieber-Mohn, A., Lundgren, K. M., Shetelig Løvvik, T., Garnæs, K. K., & Moholdt, T. (2015). Effects of High Intensity Interval Training and Strength Training on Metabolic, Cardiovascular and Hormonal Outcomes in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Pilot Study. *PloS One*, *10*(9), e0138793. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138793>
- Alonso-Fernández, D., Fernández-Rodríguez, R., Taboada-Iglesias, Y., & Gutiérrez-Sánchez, Á. (2019). Impact of a HIIT protocol on body composition and VO₂max in adolescents. *Science & Sports*, *34*(5), 341–347. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.04.001>
- Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Ramírez-Vélez, R., & Izquierdo, M. (2017). Effects and prevalence of nonresponders after 12 weeks of high-intensity interval or resistance training in women with insulin resistance: A randomized trial. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *122*(4), 985–996. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01037.2016>
- Alvarez, G. M., Murillo, H. M., Vargas, M. G., & Amaya, J. L. R. (2016). El sedentarismo y la actividad física en trabajadores administrativos del sector público. *Revista Ciencia UNEMI*, *9*(21), 116–124.
- Aravena-Kenigs, O., Cárcamo-Espinoza, D., Martínez-Salazar, C., Carrasco-Alarcón, V., & Díaz-Bustos, E. (2014). Influencia De Un Programa De Entrenamiento Intermitente De Alta Intensidad, Sobre El Vo₂max, Porcentaje De Grasa Corporal Y Resistencia Muscular En Estudiantes De Enseñanza Media. *Revista Horizonte Ciencias de la Actividad Física*, *5*(1), 24–34.
- Arrieta-Leandro, M. C., & Arrieta-Leandro, M. C. (2020). Efecto de tres tipos de entrenamientos sobre indicadores bioquímicos y antropométricos en personas con

- prediabetes: Una revisión sistemática. *Pensar en Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 18(2), 114–138.
<https://doi.org/10.15517/pensarmov.v18i2.40752>
- Astorino, T. A., & Schubert, M. M. (2018). Changes in fat oxidation in response to various regimes of high intensity interval training (HIIT). *European Journal of Applied Physiology*, 118(1), 51–63. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3756-0>
- Baar, K. (2006). Training for endurance and strength: Lessons from cell signaling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1939–1944.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233799.62153.19>
- Bermejo, F. J., Camacho, G. J. O., Guardado, I. M., & Andrada, R. T. (2018). Efectos de un protocolo HIIT con ejercicios funcionales sobre el rendimiento y la composición corporal. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 35(188), 386–391.
- Blanco, V. M., Maya, J. J., Correa, A., Perenguez, M., Muñoz, J. S., Motoa, G., Pallares, C. J., Rosso, F., Matta, L., Celis, Y., Garzon, M., & Villegas, y M. V. (2016). Prevalencia y factores de riesgo para infecciones del tracto urinario de inicio en la comunidad causadas por *Escherichia coli* productor de betalactamasas de espectro extendido en Colombia. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 34(9), 559–565.
<https://doi.org/10.1016/j.eimc.2015.11.017>
- Borenstein, M., Hedges, L., Higgins, J., & Rothstein, H. (2009). An Introduction to Meta-Analysis. *Introduction to Meta-Analysis*, 19. <https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- Borenstein, M., Higgins, J. P. T., Hedges, L. V., & Rothstein, H. R. (2017). Basics of meta-analysis: I2 is not an absolute measure of heterogeneity. *Research Synthesis Methods*, 8(1), 5–18. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1230>

- Botella, J., & Zamora, Á. (2017). EL META-ANÁLISIS: UNA METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN. *Educación XX1*, 20(2).
<https://doi.org/10.5944/educxx1.19030>
- Boutcher, S. H. (2010). High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. *Journal of Obesity*, 2011, e868305. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Boutcher, S. H. (2011). High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. *Journal of Obesity*, 2011, 868305. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Braunwald, E. (2016). Reduction of LDL-cholesterol: Important at all ages. *European Heart Journal*, 37(25), 1982–1984. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw100>
- Buchheit, M., & 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>
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology*, 586(Pt 1), 151–160.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.142109>
- Camacho-Cardenosa, A., Brazo-Sayavera, J., Camacho-Cardenosa, M., Marcos-Serrano, M., Timón, R., Olcina, G., Camacho-Cardenosa, A., Brazo-Sayavera, J., Camacho-Cardenosa, M., Marcos-Serrano, M., Timón, R., & Olcina, G. (2016). Efecto de un protocolo de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre masa grasa corporal en adolescentes. *Revista Española de Salud Pública*, 90.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1135-57272016000100424&lng=es&nrm=iso&tlng=pt

- Carreras-González, G., & Ordóñez-Llanos, J. (2007). Adolescencia, actividad física y factores metabólicos de riesgo cardiovascular. *Revista Española de Cardiología*, 60(06), 565–568. <https://doi.org/10.1157/13107111>
- Cassidy, S., Thoma, C., Houghton, D., & Trenell, M. I. (2017). High-intensity interval training: A review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*, 60(1), 7–23. <https://doi.org/10.1007/s00125-016-4106-1>
- Cervera, S. B., Campos-Nonato, I., Rojas, R., & Rivera, J. (2010). Obesidad en México: Epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. *Gaceta Médica de México*, 146(6), 397–407.
- Chin, E. C., Yu, A. P., Lai, C. W., Fong, D. Y., Chan, D. K., Wong, S. H., Sun, F., Ngai, H. H., Yung, P. S. H., & Siu, P. M. (2020). Low-Frequency HIIT Improves Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(1), 56–66. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002097>
- Cofré-Bolados, C., Sánchez-Aguilera, P., Zafra-Santos, E., & Espinoza-Salinas, A. (2016). Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(3), 275–284. <https://doi.org/10.18273/revsal.v48n3-2016001>
- Colón, G. O., Salim, A. M. de, & Manfredi, A. A. (2009). Diagnostico Nutricional Antropométrico de Sobrepeso y Obesidad en Estudiantes de Medicina, Universidad de Carabobo. *Acta Científica Estudiantil*, 7(2), 60–66.
- COOPER, H., HEDGES, L. V., & VALENTINE, J. C. (Eds.). (2009). *Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis*, The. Russell Sage Foundation. <https://www.jstor.org/stable/10.7758/9781610441384>

- Cooper, K. H., Pollock, M. L., Martin, R. P., White, S. R., Linnerud, A. C., & Jackson, A. (1976). Physical fitness levels vs selected coronary risk factors. A cross-sectional study. *JAMA*, *236*(2), 166–169.
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R., & Lubans, D. R. (2015). High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(19), 1253–1261. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094490>
- Da Silva, M. A. R., Baptista, L. C., Neves, R. S., De França, E., Loureiro, H., Lira, F. S., Caperuto, E. C., Veríssimo, M. T., & Martins, R. A. (2020). The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome. *Frontiers in Physiology*, *11*, 572. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00572>
- Delgado-Floody, P., Soriano-Maldonado, A., Rodríguez-Pérez, M. A., Latorre-Román, P. Á., Martínez-Salazar, C., Vargas, C. A., Caamaño-Navarrete, F., Jerez-Mayorga, D., & Álvarez, C. (2021). The Effects of Two Different Concurrent Training Configurations on Markers of Metabolic Syndrome and Fitness in Women With Severe/Morbid Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Frontiers in Physiology*, *12*, 694798. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.694798>
- DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, *7*(3), 177–188. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2)
- Dupuit, M., Rance, M., Morel, C., Bouillon, P., Boscaro, A., Martin, V., Vazeille, E., Barnich, N., Chassaing, B., & Boisseau, N. (2022). Effect of Concurrent Training on Body Composition and Gut Microbiota in Postmenopausal Women with Overweight or Obesity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *54*(3), 517–529. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002809>

- *Elmer, D. J., Laird, R. H., Barberio, M. D., & Pascoe, D. D. (2016). Inflammatory, lipid, and body composition responses to interval training or moderate aerobic training. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 601–609. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3308-4>
- Escalante, Y. (2011). Actividad física, ejercicio físico y condición física en el ámbito de la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 85(4), 325–328.
- Escrig Sos, V. J., Lluca Abella, J. A., Granel Villach, L., & Bellver Oliver, M. (2021). Metaanálisis: Una forma básica de entender e interpretar su evidencia. *Revista de Senología y Patología Mamaria*, 34(1), 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.senol.2020.05.007>
- Espinoza-Salinas, A., Sanchez Aguilera, P., Zafra Santos, E., & Cofre, C. (2016). High intensity aerobic interval training: History and clinical exercise physiology. *Revista de La Universidad Nacional de Cordoba. Universidad Nacional de Córdoba*, 48, 275–284. <https://doi.org/10.18273/revsal.v48n3-2016001>
- Fau, C., & Nabzo, S. (2020). Metaanálisis: Bases conceptuales, análisis e interpretación estadística. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 94. <https://doi.org/10.24875/RMO.M20000134>
- *Fernández, D. A., Rodríguez, R. F., & Sánchez, A. G. (2017). Efecto de un programa HIIT versus entrenamiento continuo extensivo en individuos inexpertos. *Apunts: Educación física y deportes*, 130, 84–94.
- Figueiredo, C., Antunes, B. M., Giacon, T. R., Vanderlei, L. C. M., Campos, E. Z., Peres, F. P., Clark, N. W., Panissa, V. L. G., & Lira, F. S. (2019). Influence of Acute and Chronic High-Intensity Intermittent Aerobic Plus Strength Exercise on BDNF, Lipid and Autonomic Parameters. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(2), 359–368.
- Fisher, G., Brown, A. W., Bohan Brown, M. M., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., Resuehr, H., George, B., Jeansonne, M. M., & Allison, D. B. (2015a). High Intensity Interval-

- vs Moderate Intensity- Training for Improving Cardiometabolic Health in Overweight or Obese Males: A Randomized Controlled Trial. *PloS One*, 10(10), e0138853. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138853>
- Fisher, G., Brown, A. W., Bohan Brown, M. M., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., Resuehr, H., George, B., Jeansonne, M. M., & Allison, D. B. (2015b). High Intensity Interval- vs Moderate Intensity- Training for Improving Cardiometabolic Health in Overweight or Obese Males: A Randomized Controlled Trial. *PloS One*, 10(10), e0138853. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138853>
- Garcia, J. (2009). *Integrating Advanced Physical Training Programs into the Marine Corps*.
- García-Artero, E., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Mesa, J. L., Delgado, M., González-Gross, M., García-Fuentes, M., Vicente-Rodríguez, G., Gutiérrez, Á., & Castillo, M. J. (2007). El perfil lipídico-metabólico en los adolescentes está más influido por la condición física que por la actividad física (estudio AVENA)*. *Revista Española de Cardiología*, 60(06), 581–588. <https://doi.org/10.1157/13107114>
- García-Pinillos, F., Laredo-Aguilera, J. A., Muñoz-Jiménez, M., & Latorre-Román, P. A. (2019). Effects of 12-Week Concurrent High-Intensity Interval Strength and Endurance Training Program on Physical Performance in Healthy Older People. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1445–1452. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001895>
- Gibala, M. J., Gillen, J. B., & Percival, M. E. (2014). Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: Influences of nutrition and sex. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2, S127-137. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0259-6>
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(Pt 5), 1077. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>

- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (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>
- González Jiménez, E. (2013). Composición corporal: Estudio y utilidad clínica. *Endocrinología y Nutrición*, 60(2), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2012.04.003>
- Gripp, F., Nava, R. C., Cassilhas, R. C., Esteves, E. A., Magalhães, C. O. D., Dias-Peixoto, M. F., de Castro Magalhães, F., & 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>
- Grissom, R. J., & Kim, J. J. (2012). *Effect sizes for research: Univariate and multivariate applications, 2nd ed* (pp. xvii, 434). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557–560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Holloszy, J. O. (1967). Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *The Journal of Biological Chemistry*, 242(9), 2278–2282.
- Hooshmand Moghadam, B., Golestani, F., Bagheri, R., Cheraghloo, N., Eskandari, M., Wong, A., Nordvall, M., Suzuki, K., & Pournemati, P. (2021). The Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Inflammatory Markers, Body Composition, and Physical Fitness in Overweight/Obese Survivors of Breast Cancer: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Cancers*, 13(17), 4386. <https://doi.org/10.3390/cancers13174386>
- Hu, J., Liu, M., Yang, R., Wang, L., Liang, L., Yang, Y., Jia, S., Chen, R., Liu, Q., Ren, Y., Zhu, L., & Cai, M. (2022). Effects of high-intensity interval training on improving

- arterial stiffness in Chinese female university students with normal weight obese: A pilot randomized controlled trial. *Journal of Translational Medicine*, 20(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s12967-022-03250-9>
- Hussain, S. R., Macaluso, A., & Pearson, S. J. (2016). High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in the Prevention/Management of Cardiovascular Disease. *Cardiology in Review*, 24(6), 273–281. <https://doi.org/10.1097/CRD.0000000000000124>
- Ilama, V. D. R., Castro-Ramírez, M. L., Viquez-Arce, R., Jiménez-Díaz, J., & Montero-Herrera, B. (2022). Efecto del HIIT en el estado anímico en personas con sobrepeso en un entrenamiento virtual y presencial. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 20(1), e49154–e49154. <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v20i1.49154>
- Jäger, S., Handschin, C., St-Pierre, J., & Spiegelman, B. M. (2007). AMP-activated protein kinase (AMPK) action in skeletal muscle via direct phosphorylation of PGC-1alpha. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(29), 12017–12022. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705070104>
- Jiménez-Díaz, J., Chaves-Castro, K., & Morera-Castro, M. (2021). Efectividad del feedback aumentado en el desempeño de destrezas motrices: Un meta-análisis. *MHSalud: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 18(1), 1–23. <https://doi.org/10.15359/mhs.18-1.2>
- Jiménez-Pavón, D., & Lavie, C. J. (2017). High-intensity intermittent training versus moderate-intensity intermittent training: Is it a matter of intensity or intermittent efforts? *British Journal of Sports Medicine*, 51(18), 1319–1320. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097015>

- Kilpatrick, M., Jung, M., & Little, J. (2014). HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING: A Review of Physiological and Psychological Responses. *Acsm's Health & Fitness Journal*, 18(5), 11–16. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000067>
- Kjeldsen, E. W., Nordestgaard, L. T., & Frikke-Schmidt, R. (2021). HDL Cholesterol and Non-Cardiovascular Disease: A Narrative Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4547. <https://doi.org/10.3390/ijms22094547>
- Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 17, 8–13. <https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e31828cb1e8>
- Lamina, S., & Okoye, G. C. (2012). Therapeutic effect of a moderate intensity interval training program on the lipid profile in men with hypertension: A randomized controlled trial. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 15(1), 42–47. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.94096>
- Larsen, I., Welde, B., Martins, C., & Tjønnå, A. E. (2014). High- and moderate-intensity aerobic exercise and excess post-exercise oxygen consumption in men with metabolic syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), e174-179. <https://doi.org/10.1111/sms.12132>
- Lee, I.-M., Sesso, H. D., Oguma, Y., & Paffenbarger, R. S. (2003). Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease. *Circulation*, 107(8), 1110–1116. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000052626.63602.58>
- *Lira, F. S., Antunes, B. M., Figueiredo, C., Campos, E. Z., Panissa, V. L. G., St-Pierre, D. H., Lavoie, J.-M., & Magri-Tomaz, L. (2019). Impact of 5-week high-intensity interval training on indices of cardio metabolic health in men. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 13(2), 1359–1364. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.02.006>

- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., Jung, M. E., & Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *111*(6), 1554–1560. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Little, J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *The Journal of Physiology*, *588*(Pt 6), 1011–1022. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.181743>
- Looney, M. A., Feltz, C. J., & VanVleet, C. N. (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>
- Lotrean, L.-M., Stan, O., Lencu, C., Laza, V., Lotrean, L.-M., Stan, O., Lencu, C., & Laza, V. (2018). Patrones dietéticos, actividad física, índice de masa corporal, conductas relacionadas con el peso y su interrelación entre estudiantes universitarios rumanos entre 2003 y 2016. *Nutrición Hospitalaria*, *35*(2), 375–383. <https://doi.org/10.20960/nh.1296>
- Louzada Júnior, A., da Silva, J. M., Furtado da Silva, V., Melo Castro, A. C., Eufrásio de Freitas, R., Braga Cavalcante, J., dos Santos, K. M., Azevedo Albuquerque, A. P., Paraguassú Brandão, P., de Nazaré Dias Bello, M., Carmen Guimarães, A., Gurgel de Alencar Carvalho, M. C., Soares Pernambuco, C., Ramos Lima, E. B., Ramos Coelho, R., de Souza Santos, C. A., Pereira Bezerra, J. C., Martin Dantas, E. H., Martins Silva, R. P., & Freitas da Silva, C. (2020). Multimodal HIIT is More Efficient Than Moderate Continuous Training for Management of Body Composition, Lipid Profile and Glucose Metabolism in the Diabetic Elderly: El Entrenamiento Multimodal

es más Eficiente que el Entrenamiento Continuo Moderado para el Manejo de la Composición Corporal, El Perfil de Lípidos y el Metabolismo de la Glucosa en Adultos Mayores Diabéticos. *International Journal of Morphology*, 38(2), 392–399. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022020000200392>

Magalhães, J. P., Santos, D. A., Correia, I. R., Hetherington-Rauth, M., Ribeiro, R., Raposo, J. F., Matos, A., Bicho, M. D., & Sardinha, L. B. (2020). Impact of combined training with different exercise intensities on inflammatory and lipid markers in type 2 diabetes: A secondary analysis from a 1-year randomized controlled trial. *Cardiovascular Diabetology*, 19(1), N.PAG-N.PAG. <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01136-y>

Maia, N., Kassiano, W., Assumpção, C., Andrade, A., Fernandes, R., De Jesus, K., Simim, M., & Medeiros, A. I. (2019). *Neuromuscular and autonomic responses during a CrossFit® competition: A case study*. 165–170. <https://doi.org/10.23829/TSS.2019.26.4-4>

Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2018). Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(2), 269–288. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0807-y>

Maldonado Saavedra, O., Ramírez Sánchez, I., García Sánchez, J. R., Ceballos Reyes, G. M., & Méndez Bolaina, E. (2012). Colesterol: Función biológica e implicaciones médicas. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 43(2), 7–22.

Mancilla, R., Torres, P., Álvarez, C., Schifferli, I., Sapunar, J., & Díaz, E. (2014a). Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Revista Médica de Chile*, 142(1), 34–39. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872014000100006>

Mancilla, R., Torres, P., Álvarez, C., Schifferli, I., Sapunar, J., & Díaz, E. (2014b). Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad

- aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Revista médica de Chile*, 142(1), 34–39. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872014000100006>
- Marriott, C. F. S., Petrella, A. F. M., Marriott, E. C. S., Boa Sorte Silva, N. C., & Petrella, R. J. (2021). High-Intensity Interval Training in Older Adults: A Scoping Review. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00344-4>
- Martínez MartínezPinillo, A., Díaz Ortega, I., Carr Pérez, A., Varona Sánchez, J. A., Borrego López, J. A., & de la Torre, A. I. (2010). Análisis de los principales factores de riesgo relacionados con el cáncer cérvico uterino en mujeres menores de 30 años. *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*, 36(1), 52–65.
- Martins, C., Kazakova, I., Ludviksen, M., Mehus, I., Wisloff, U., Kulseng, B., Morgan, L., & King, N. (2016). High-Intensity Interval Training and Isocaloric Moderate-Intensity Continuous Training Result in Similar Improvements in Body Composition and Fitness in Obese Individuals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(3), 197–204. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0078>
- Marzuca-Nassr, G. N., Artigas-Arias, M., Olea, M. A., SanMartín-Calísto, Y., Huard, N., Durán-Vejar, F., Beltrán-Fuentes, F., Muñoz-Fernández, A., Alegría-Molina, A., Sapunar, J., & Salazar, L. A. (2020). High-intensity interval training on body composition, functional capacity and biochemical markers in healthy young versus older people. *Experimental Gerontology*, 141, 111096. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111096>
- Matsudo, S. M. M. (2012). Actividad Física: Pasaporte Para La Salud. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 209–217. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70303-6](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70303-6)
- McRae, G., Payne, A., Zelt, J. G., Scribbans, T. D., Jung, M. E., Little, J. P., & Gurd, B. J. (2012). Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. *Applied physiology, nutrition,*

- and metabolism = *Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 37(6), 1124–1131. <https://doi.org/10.1139/h2012-093>
- Meyer, K., Samek, L., Schwaibold, M., Westbrook, S., Hajric, R., Lehmann, M., Essfeld, D., & Roskamm, H. (1996). Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failure—Application to exercise training. *European Heart Journal*, 17(7), 1040–1047. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a015000>
- Mirghani, S. J., & Yousefi, M. S. (2015). The effect of interval recovery periods during HIIT on liver enzymes and lipid profile in overweight women. *Science & Sports*, 30(3), 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2014.09.002>
- Mj, G., Jp, L., M, van E., Gp, W., Ka, B., A, S., S, R., & Ma, T. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575(Pt 3), 901–911. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.112094>
- Musa, D. I., Adeniran, S. A., Dikko, A. U., & Sayers, S. P. (2009). The Effect of a High-Intensity Interval Training Program on High-Density Lipoprotein Cholesterol in Young Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 587–592. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318198fd28>
- NIIH. (2022). *Niveles de colesterol: Lo que usted debe saber*. National Library of Medicine. Retrieved August 15, 2022, from <https://medlineplus.gov/spanish/cholesterollevelswhatyouneedtoknow.html>
- Ojeda, D., & Wurth, O. (2014). *¿qué es un metaanálisis ?* 43, 343–350.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- *Ouerghi, N., Fradj, M. K. B., Bezrati, I., Khammassi, M., Feki, M., Kaabachi, N., & Bouassida, A. (2017). Effects of high-intensity interval training on body composition,

- aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. *Biology of Sport*, 34(4), 385–392.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.69827>
- Parra, J. F. J., Sánchez, D. M., Foguet, O. C., Balcells, M. C., & Valenzuela, A. V. (2022). Incentivar la actividad física en el aula con descansos activos: Un estudio Mixed Methods. *Apunts: Educación física y deportes*, 147, 84–94.
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2008). Muscle as an endocrine organ: Focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiological Reviews*, 88(4), 1379–1406.
<https://doi.org/10.1152/physrev.90100.2007>
- Phillips, B. E., Kelly, B. M., Lilja, M., Ponce-González, J. G., Brogan, R. J., Morris, D. L., Gustafsson, T., Kraus, W. E., Atherton, P. J., Volvaard, N. B. J., Rooyackers, O., & Timmons, J. A. (2017). A Practical and Time-Efficient High-Intensity Interval Training Program Modifies Cardio-Metabolic Risk Factors in Adults with Risk Factors for Type II Diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 8.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2017.00229>
- Racil, G., Ben Ounis, O., Hammouda, O., Kallel, A., Zouhal, H., Chamari, K., & Amri, M. (2013). Effects of high vs. Moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2531–2540. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2689-5>
- Rivas-Estany, E. (2011). El ejercicio físico en la prevención la rehabilitación cardiovascular. *Revista Española de Cardiología Suplementos*, 11, 18–22.
[https://doi.org/10.1016/S1131-3587\(11\)15004-9](https://doi.org/10.1016/S1131-3587(11)15004-9)
- Roth, G. A., Fihn, S. D., Mokdad, A. H., Aekplakorn, W., Hasegawa, T., & Lim, S. S. (2011). High total serum cholesterol, medication coverage and therapeutic control: An analysis of national health examination survey data from eight countries. *Bulletin of*

the World Health Organization, 89(2), 92–101.
<https://doi.org/10.2471/BLT.10.079947>

Roy, M., Williams, S. M., Brown, R. C., Meredith-Jones, K. A., Osborne, H., Jospe, M., & Taylor, R. W. (2018). High-Intensity Interval Training in the Real World: Outcomes from a 12-Month Intervention in Overweight Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(9), 1818–1826. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001642>

Schade, D. S., Shey, L., & Eaton, R. P. (2020). Cholesterol Review: A Metabolically Important Molecule. *Endocrine Practice: Official Journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*, 26(12), 1514–1523. <https://doi.org/10.4158/EP-2020-0347>

Sedgwick, P., & Marston, L. (2015). How to read a funnel plot in a meta-analysis. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 351, h4718. <https://doi.org/10.1136/bmj.h4718>

Shaw, K., Gennat, H., O'Rourke, P., & Del Mar, C. (2006). Exercise for overweight or obesity. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, CD003817. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003817.pub3>

Sibley, B. A. (2012). Using Sport Education to Implement a CrossFit Unit. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 83(8), 42–48. <https://doi.org/10.1080/07303084.2012.10598829>

Skinner, J. S., McLellan, T. M., & McLellan, T. H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1), 234–248. <https://doi.org/10.1080/02701367.1980.10609285>

Smart, N. A., Waldron, M., Ismail, H., Giallauria, F., Vigorito, C., Cornelissen, V., & Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(1), 9–18. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000020>

- Smith-Ryan, A. E., Melvin, M. N., & Wingfield, H. L. (2015). High-intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *The Physician and Sportsmedicine*, *43*(2), 107–113. <https://doi.org/10.1080/00913847.2015.1037231>
- Soca, M., & Enrique, P. (2009). Dislipidemias. *ACIMED*, *20*(6), 265–273.
- Søgaard, D., Lund, M. T., Scheuer, C. M., Dehlbaek, M. S., Dideriksen, S. G., Abildskov, C. V., Christensen, K. K., Dohmann, T. L., Larsen, S., Vigelsø, A. H., Dela, F., & Helge, J. W. (2018). High-intensity interval training improves insulin sensitivity in older individuals. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, *222*(4), e13009. <https://doi.org/10.1111/apha.13009>
- *Stavrinou, P. S., Bogdanis, G. C., Giannaki, C. D., Terzis, G., & Hadjicharalambous, M. (2018). High-intensity Interval Training Frequency: Cardiometabolic Effects and Quality of Life. *International Journal of Sports Medicine*, *39*(3), 210–217. <https://doi.org/10.1055/s-0043-125074>
- Stoedefalke, K. (2007). Effects of Exercise Training on Blood Lipids and Lipoproteins in Children and Adolescents. *Journal of Sports Science & Medicine*, *6*(3), 313–318.
- Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C., & Quan, M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS One*, *14*(1), e0210644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210644>
- Swain, D. P., & Franklin, B. A. (2006). Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *The American Journal of Cardiology*, *97*(1), 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.07.130>
- Tabata, I. (2019). Tabata training: One of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *The Journal of Physiological Sciences: JPS*, *69*(4), 559–572. <https://doi.org/10.1007/s12576-019-00676-7>
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent

- training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(10), 1327–1330. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00018>
- Terada, T., Friesen, A., Chahal, B. S., Bell, G. J., McCargar, L. J., & Boulé, N. G. (2013). Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 99(2), 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2012.10.019>
- Thomas, J., & French, K. (1986). Thomas, J. R. & French, K. E. (1986). The use of meta analysis in exercise and sport: A tutorial. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 196–204. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 196–204. <https://doi.org/10.1080/02701367.1986.10605397>
- Thompson, D., Karpe, F., Lafontan, M., & Frayn, K. (2012). Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiological Reviews*, 92(1), 157–191. <https://doi.org/10.1152/physrev.00012.2011>
- Thompson, P. D., Arena, R., Riebe, D., Pescatello, L. S., & American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Current Sports Medicine Reports*, 12(4), 215–217. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31829a68cf>
- *Trapp, E. G., Chisholm, D. J., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity (2005)*, 32(4), 684–691. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803781>
- Trombold, J. R., Christmas, K. M., Machin, D. R., Kim, I.-Y., & Coyle, E. F. (2013). Acute high-intensity endurance exercise is more effective than moderate-intensity exercise for attenuation of postprandial triglyceride elevation. *Journal of Applied Physiology*

- (Bethesda, Md.: 1985), 114(6), 792–800.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01028.2012>
- Turner, A., & Rabiou, M. (2006). Patching for corneal abrasion. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2, CD004764.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD004764.pub2>
- Vella, C. A., Taylor, K., & Drummer, D. (2017). High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. *European Journal of Sport Science*, 17(9), 1203–1211.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1359679>
- Vidal-Almela, S., Way, K. L., Terada, T., Tulloch, H. E., Keast, M.-L., Pipe, A. L., Chirico, D., & Reed, J. L. (2021). Sex differences in physical and mental health following high-intensity interval training in adults with cardiovascular disease who completed cardiac rehabilitation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 1–9. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0265>
- Vidarte Claros, J. A., Vélez Álvarez, C., Sandoval Cuellar, C., & Alfonso Mora, M. L. (2011). ACTIVIDAD FÍSICA: ESTRATEGIA DE PROMOCIÓN DE LA SALUD. *Revista Hacia la Promoción de la Salud*, 16(1).
<http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=309126695014>
- *Viñuela García, M., Vera Ibáñez, A., Colomer Poveda, D., Márquez Sánchez, G., & Romero Arenas, S. (2016). Efecto de 12 sesiones de un entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la composición corporal en adultos jóvenes. *Nutrición Hospitalaria*, 33(3), 637–643. <https://doi.org/10.20960/nh.272>
- Wallace, B. C., Lajeunesse, M. J., Dietz, G., Dahabreh, I. J., Trikalinos, T. A., Schmid, C. H., & Gurevitch, J. (2017). OpenMEE: Intuitive, open-source software for meta-analysis in ecology and evolutionary biology. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(8), 941–947. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12708>

- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & 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>
- Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16), 1227–1234. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092576>
- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 18(6), 635–646. <https://doi.org/10.1111/obr.12532>
- Williams, P. T. (2008). Relationship of running intensity to hypertension, hypercholesterolemia, and diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(10), 1740–1748. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817b8ed1>
- Wisløff, U., Nilsen, T. I. L., Drøyvold, W. B., Mørkved, S., Slørdahl, S. A., & Vatten, L. J. (2006). A single weekly bout of exercise may reduce cardiovascular mortality: How little pain for cardiac gain? “The HUNT study, Norway.” *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation: Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 13(5), 798–804. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000216548.84560.ac>
- Wood, G., Murrell, A., van der Touw, T., & Smart, N. (2019). HIIT is not superior to MICT in altering blood lipids: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000647. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000647>

*Zaer Ghodsi, N., Zolfaghari, M. R., & Fattah, A. (2016). The Impact of High Intensity Interval Training On Lipid Profile, Inflammatory Markers and Anthropometric Parameters in Inactive Women. *Medical Laboratory Journal*, 10(1), 56–60.
<https://doi.org/10.18869/acadpub.mlj.10.1.56>