

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

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA
INTENSIDAD VERSUS CONCURRENTES SOBRE
BIOMARCADORES INFLAMATORIOS, PERFIL DE LÍPIDOS Y
FUNCIÓN ENDOTELIAL DE PACIENTES CON ENFERMEDAD
ARTERIAL CORONARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA CON
META-ANÁLISIS**

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis
del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano

María Fabiana Esquivel Argüello

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica

2024

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA
INTENSIDAD VERSUS CONCURRENTES SOBRE
BIOMARCADORES INFLAMATORIOS, PERFIL DE LÍPIDOS Y
FUNCIÓN ENDOTELIAL DE PACIENTES CON ENFERMEDAD
ARTERIAL CORONARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA CON
META-ANÁLISIS**

MARÍA FABIANA ESQUIVEL ARGÜELLO

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

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

[Dr. Randall Gutiérrez Vargas/Dra. Damaris Castro García/Dr. Jorge Herrera Murillo/Dr. José Vega Baudrit/ Dr. Greivin Rodríguez Calderón/Dra. Rocío Castillo Cedeño]

Representante del Consejo Central de Posgrado

Representante de la Coordinación del posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano

M. Sc. José Andrés Trejos Montoya
Tutor de tesis

Dr. Luis Solano Mora
Miembro del Comité Asesor

Dr. Jorge Salas Cabrera
Miembro del Comité Asesor

María Fabiana Esquivel Argüello
Sustentante

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

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue meta-analizar los resultados reportados en trabajos científicos de los efectos de las intervenciones del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) versus concurrente (EC) sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial coronaria. **Metodología:** Se realizó una búsqueda en 5 bases de datos (SportsDiscus, Academic Search Ultimate, ScienceDirect, PubMed y Scielo). Se encontraron un total de 783 artículos de los cuales se seleccionaron 8 trabajos para el meta-análisis aplicando la técnica intra-grupos. Se calcularon los tamaños de efecto individuales y sus varianzas, tamaños de efecto globales por variable dependiente con modelos de efectos aleatorios de máxima verosimilitud restringida, obteniéndose intervalos de confianza (IC) al 95%, estadísticos de heterogeneidad (Q e I^2) y prueba de sesgo (Test de Egger). **Resultados:** Se corrieron seis meta-análisis uno para cada variable dependiente en los cuales se encontraron efectos significativos en la interleucina 6 (TE= -0.24, 95% IC: -0.43 - -0.05) y en función endotelial (TE= 0.48, 95% IC: 0.15 – 0.81) esto analizando ambas metodologías de entrenamiento juntas, los resultados observados en interleucina 6 no son concluyentes debido a que solo se pudo examinar dos tamaños de efecto. En la función endotelial también se obtuvo poca información ya que se evaluó tres tamaños de efecto. En cuanto al análisis de varianza análogo en donde se analizó las metodologías de entrenamiento concurrente y alta intensidad de manera individual se encontró que el entrenamiento concurrente disminuyó el colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad, además de que tuvo un aumento de la función endotelial, mientras que el entrenamiento de alta intensidad no tuvo efectos significativos en estas variables. Sin embargo estos resultados deben tomarse con cautela pues solo se tuvo un tamaño de efecto de la metodología de alta intensidad para cada una de estas variables excepto en la función endotelial que la misma tuvo dos tamaños de efecto comparables con el entrenamiento concurrente, y en el caso de la interleucina 6 solo se tenía un tamaño de efecto de concurrente y uno de alta intensidad es decir que al haber poca evidencia estos resultados no serían concluyentes, pero marcan una tendencia que se puede verificar en futuros estudios. **Conclusión:** EC puede tener efectos beneficiosos para los pacientes con enfermedad arterial coronaria en las variables de colesterol total, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad, interleucina 6 y en el aumento de la función endotelial, pero no presenta efecto en las lipoproteínas de alta densidad. El HIIT no hubo efectos en estas variables. **Recomendación:** es fundamental fomentar la ejecución de estudios experimentales adicionales en el futuro para validar estos hallazgos.

ABSTRACT

The purpose of this study was to meta-analyze the results reported in scientific literature on the effects of high-intensity interval training versus concurrent training interventions on inflammatory biomarkers, lipid profile, and endothelial function in patients with coronary artery disease. **Methodology:** A literature search was conducted in 5 databases (SportsDiscus, Academic Search Ultimate, ScienceDirect, PubMed, and Scielo). A total of 783 articles were found from which 8 studies were selected for meta-analysis using the within-groups technique. Individual effect sizes were calculated, and effect sizes and variances were corrected. Overall effect sizes were computed using random-effects models. Ninety-five percent confidence intervals (CI) and Z-values were obtained to determine the significance of results. Heterogeneity was assessed using Q and I² statistics. **Results:** Six meta-analyses were run, one for each dependent variable. Significant effects were found for interleukin 6 (ES= -0.24, 95% CI: -0.43 - -0.47) and endothelial function (ES= 0.48, 95% CI: 0.15 – 0.81) when analyzing both training methodologies together. However, the results for interleukin 6 are inconclusive due to limited effect size data. Similarly, endothelial function analysis provided limited information with only three effect sizes evaluated. An analogous analysis of variance examining concurrent and high-intensity training separately showed that concurrent training reduced total cholesterol, triglycerides, and low-density lipoproteins, while also improving endothelial function. High-intensity training did not show significant changes in these variables. However, caution is advised due to the limited effect size data for high-intensity training, especially for lipid variables and interleukin 6. These results suggest trends that should be confirmed in future studies. **Conclusion:** EC may have beneficial effects on patients with coronary artery disease in terms of total cholesterol, triglycerides, low-density lipoproteins, interleukin 6, and endothelial function, but not high-density lipoproteins. In contrast, high-intensity training did not affect these variables significantly. **Recommendation:** It is crucial to promote the execution of additional experimental studies in the future to validate these findings.

DEDICATORIA

A mi padre, madre y hermana.

AGRADECIMIENTOS

A mi papá, por darme siempre el apoyo para superarme como profesional, a mi mamá por darme las fuerzas para seguir adelante, a mi hermana por estar siempre para mí, y a Dios por darme salud y bienestar durante este proceso.

A M. Sc. José Andrés Trejos, Ph. D. Jorge Salas Cabrera y Ph. D. Luis Solano Mora por guiarme, asesorarme e instruirme a la finalización de mi tesis.

Agradezco profundamente al M.Sc. Luis Blanco Romero por toda su ayuda durante mi proceso de Maestría y a MBA. Inés Revuelta Sánchez por inspirarme a nunca rendirme y que los límites nos lo ponemos nosotros, al M.Sc. Diego Rodríguez Méndez por sus recomendaciones y consejos y al M.Sc. Gerardo Araya Vargas por su gran ayuda y apoyo para concluir mi trabajo de postgrado.

Por otra parte, agradezco a todo el personal administrativo y académico que de alguna u otra forma colaboraron para poder finalizar este proceso.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTOS.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ABREVIATURAS	XIV
DESCRIPTORES	XV
Capítulo I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1. Planteamiento y delimitación del problema	1
2. Justificación.....	2
3. Objetivos.....	7
3.1 Objetivo general	7
3.2 Objetivos específicos.....	7
4. Conceptos claves	7
Capítulo II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
1. Enfermedades cardiovasculares.....	9
2. Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) ...	11
3. Entrenamiento concurrente (EC).....	12
4. Beneficios del ejercicio físico en pacientes con EAC	14
5. Principales efectos del ejercicio en la EAC.....	14
5.1 Efectos vasculares	14
5.2 Función endotelial.....	14
5.3 Efectos anti isquémicos.....	15
5.4 Efecto antiarrítmico.....	15
5.5 Efectos sobre la presión arterial	15
5.6 Colesterol (CT).....	15
5.7 Triglicéridos (TG).....	16
5.8 Interleucina 6 (IL-6)	16
5.9 Función endotelial	17

6.	Métodos de medición de la IL-6.....	17
7.	Métodos para medir la función endotelial	18
8.	Método para medir el perfil lipídico.....	18
Capítulo III		19
METODOLOGÍA.....		19
1.	Tipo de estudio	19
2.	Procedimiento.....	20
2.1	Búsqueda de información	20
3.	Selección de criterios.....	20
3.1	Criterios de elegibilidad.....	20
3.2	Artículos seleccionados	21
4.	Codificación de los estudios	21
5.	Variables.....	21
5.1	Variables dependientes.....	21
5.2	Variables independientes o moderadoras	21
	Tabla 1. <i>Descripción de variable</i>	35
6.	Evaluación de la calidad de los estudios	36
7.	Análisis estadísticos.....	36
7.1	Procedimientos estadísticos	37
Capítulo IV		38
RESULTADOS		38
	Figura 1	39
	<i>Flujograma del proceso de selección de artículos.</i>	39
	Calidad de los estudios y sesgo de la publicación.	40
	Figura 2	41
	<i>Gráfico de embudo de los meta-análisis realizados.</i>	41
	Figura 3	42
	<i>Gráfica de los puntos de la escala de calidad.</i>	42
	Heterogeneidad	42
	Tabla 2	43
	<i>Características metodológicas y principales resultados de las intervenciones de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad versus concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial coronaria.</i>	43
	Tabla 3	44

<i>Resultados de los meta-análisis experimentales de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad y concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial.....</i>	44
Interpretación de los resultados del meta-análisis.	45
Figura 4	46
Figura 5	47
<i>Gráfico de diagrama de bosque de los meta-análisis realizados en Interleucina 6...</i>	47
Figura 6	47
<i>Gráfico de diagrama de bosque de los meta-análisis realizados en función endotelial</i>	47
Tabla 4	48
<i>Resumen de análisis de varianza análogo. Comparación de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT.....</i>	48
Tabla 5	50
<i>Resumen de análisis de varianza análogo. Meta-análisis de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT. Comparación de efectos según semanas de ejercicio</i>	50
Tabla 6	51
<i>Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta-análisis de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT</i>	51
Capítulo V	53
DISCUSION.....	53
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de variables	35
Tabla 2. Características metodológicas y principales resultados de las intervenciones de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad versus concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial coronaria.....	43
Tabla 3. Resultados de los meta-análisis de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad versus concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial.....	44
Tabla 4. Resumen de análisis de varianza análogo. Comparación de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT.....	48
Tabla 5. Resumen de análisis de varianza análogo. Meta-análisis de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT. Comparación de efectos según semanas de ejercicio.....	50
Tabla 6. Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta-análisis de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma del proceso de selección de artículos, Siguiendo los protocolos PRISMA para revisiones sistemáticas y meta-análisis (Moher et al., 2016)	39
Figura 2 Gráfico de embudo de los meta-análisis realizados	41
Figura 3 Gráfica de puntos de escala de calidad.....	42
Figura 4 Gráfico de diagrama de los meta-análisis realizados en perfil de lípidos	46
Figura 5 Gráfico de diagrama de los meta-análisis realizados en interleucina 6	47
Figura 6 Gráfico de diagrama de los meta-análisis realizados en función endotelial	47

ABREVIATURAS

EAC: Enfermedad arterial coronaria.

FC: Frecuencia cardiaca.

VO₂max: Consumo máximo de oxígeno.

EA: Entrenamiento aeróbico.

EC: Entrenamiento concurrente.

HIIT: Entrenamiento interválico de alta intensidad.

LDL: Lipoproteínas de baja densidad.

HDL: Lipoproteínas de alta densidad.

TG: Triglicéridos.

CT: Colesterol.

FE: Función endotelial.

IL-6: Interleucina 6.

ON: Óxido nítrico.

DESCRIPTORES

Enfermedad arterial coronaria, colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de alta densidad, lipoproteínas de baja densidad, perfil de lípidos, función endotelial, interleucina 6, HIIT, concurrente, revisión sistemática y meta-análisis.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento y delimitación del problema

Las enfermedades cardiovasculares actualmente son la principal causa de muerte en el mundo, cada año mueren más personas por dicha enfermedad que por cualquier otra cosa (Valerio, 2016). Estas enfermedades constituyen un grupo de trastornos del corazón y los vasos sanguíneos que incluyen cardiopatías coronarias, enfermedades cerebrovasculares y cardiopatías reumáticas (Lago et al., 2022). Cuatro de cada cinco defunciones por enfermedades cardiovasculares se deben a cardiopatías coronarias y accidentes cerebrovasculares, y una tercera parte de esas defunciones ocurren prematuramente en personas menores de 70 años (OMS, 2020).

Esta enfermedad es un problema sociosanitario de primer orden mundial (Peroni y Goñi, 2020), por lo cual, se recomienda optar por estilos de vida activos, y es el ejercicio físico el que trae consigo una gran cantidad de beneficios a nivel endotelial, en la disminución del perfil de lípidos y de biomarcadores inflamatorios lo cual disminuiría el riesgo de infarto agudo al miocardio (Grover et al., 2015).

No obstante, la literatura trae consigo una controversia sobre el tipo de metodología de entrenamiento adecuado para provocar alteraciones protectoras significativas para el deterioro de la capacidad vasodilatadora, función endotelial y los biomarcadores inflamatorios (Sarre et al., 2018).

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés) ha encontrado superioridad sobre el entrenamiento aeróbico; sin embargo, no se encuentra evidencia de la comparación del HIIT contra el entrenamiento concurrente (EC) como para poder indicar que también es superior a este. El EC es una combinación de entrenamiento de fuerza y entrenamiento aeróbico, por lo cual se estima que la inclusión del entrenamiento de fuerza genere una obtención de resultados similares o mejores a los del HIIT. No obstante, esto puede ser influenciado por factores fisiológicos, características del ejercicio, entrenamiento previo, grupos musculares y variabilidad interindividual (Da Silva et al., 2020).

Por lo cual, el presente estudio tiene como incógnita: ¿cuál es el efecto del HIIT versus EC sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial en pacientes con enfermedad arterial coronaria, según una revisión meta-analítica de la evidencia disponible?

2. Justificación

La enfermedad arterial coronaria (EAC) posee una fisiopatología compleja, esta se da por una acumulación de células circulantes como lípidos, calcio y células inmunológicas en las paredes vasculares (Estrada y Vargas, 2012). La fase inicial de esta enfermedad se da por lesiones en vasos sanguíneos lo que provoca una gran cantidad de respuestas inflamatorias a nivel celular y molecular, debido a la segregación de citoquinas inflamatorias a la zona liberando células iniciando la creación de aterosclerosis (Ferreira, 2014).

Durante este mismo proceso inflamatorio se da la invasión de macrófagos y activación de las metaloproteinasas produciendo una remodelación y debilitamiento de la capa fibrosa, lo que da por resultado una reducción del aporte sanguíneo (Estrada y Vargas, 2012).

La EAC trae consigo una insuficiente irrigación sanguínea del corazón por las arterias, provocado por una obstrucción del lumen de la arteria debido a las placas ateroscleróticas, que disminuye la llegada del oxígeno al corazón y aumenta la posibilidad de necrosis del tejido cardíaco (Sarre et al., 2018).

La EAC presenta una relación directa con el aumento del colesterol total (CT), dado principalmente por la acumulación de este en las partes internas de las arterias del corazón, provocando la creación de la placa aterosclerótica que genera un estrechamiento arterial y una disminución del fluido sanguíneo a tejidos como el corazón (Cordero et al., 2012; Saavedra et al., 2012).

Otra variable importante para el desarrollo de la EAC son los triglicéridos (TG), esto son considerados como un factor de riesgo si su incremento va acompañado con otras alteraciones de las lipoproteínas como la disminución de la lipoproteína de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés) o el incremento de la lipoproteína de baja densidad (LDL, por sus siglas en inglés), lo que provoca dislipidemias mixtas que sí son un factor de

riesgo clave para la formación de placa de ateroma vascular (Carranza, 2017; Madrigal, 2017).

El LDL elevado colabora en la producción de la placa a nivel arterial, lo cual hace que las arterias se estrechen y endurezcan disminuyendo así el transporte del flujo sanguíneo al corazón. Además, la sangre es la encargada de transportar el oxígeno al corazón y si existe un bloqueo el mismo no recibirá el oxígeno necesario provocando angina de pecho o si el bloqueo es total un ataque al corazón (Carranza, 2017; Carvajal, 2015).

En cuanto al HDL lo deseable es que se encuentre en valores normales (40-60mmol/L), ya que es el encargado de recolectar el exceso de colesterol total en sangre y el LDL transportándolo de vuelta al hígado para que el mismo lo descomponga y elimine del organismo, pero cuando esto no pasa y los niveles se van por debajo de estas cifras es cuando aumenta el riesgo de padecer EAC esto debido a que los fragmentos de colesterol total y LDL quedarán en sangre y nadie los desecharía provocando así un alto riesgo cardiovascular (Contreras et al., 2012).

El IL-6 es una citoquina inflamatoria cuya función principal es la activación de leucocitos y las células endoteliales promoviendo el aumento de las síntesis reactantes en la fase aguda y es el principal mediador sistémico de la respuesta aguda, la IL-6 se expresa en la placa aterosclerótica y actúa potenciando el reclutamiento de monocitos y células T, con el consiguiente aumento de la inestabilidad de la placa lo cual aumenta el riesgo de desarrollar una EAC, la IL-6 a la vez tiene una acción sistémica de inducción de un estado proinflamatorio y protrombótico (López et al., 2013).

La relación entre la función endotelial y la enfermedad arterial coronaria es fundamental en la comprensión de la fisiopatología de esta afección cardiovascular, el endotelio es una capa de células que recubre el interior de los vasos sanguíneos y la misma desempeña un papel crucial en la regulación del tono vascular, la hemostasia y la función inmunológica en condiciones normales el endotelio produce y libera diversas moléculas como el óxido nítrico, el cual promueve la vasodilatación y previenen la formación de coágulos sanguíneos (Carvajal, 2017).

Sin embargo, en la EAC este equilibrio se ve alterado por factores como la disfunción endotelial, la inflamación y la acumulación de lípidos en las paredes los cuales contribuyen a la aparición de placas ateroscleróticas, estrechando el lumen de las arterias

coronarias y obstaculizando el flujo sanguíneo al corazón, por lo tanto, la disfunción endotelial no solo es un marcador temprano de la EAC, sino también un factor clave en su progresión y complicaciones clínicas (Cobos, 2014).

Los programas de rehabilitación cardíaca (PRC) desempeñan un papel crucial en la recuperación integral de los pacientes que han experimentado eventos cardiovasculares, como lo es un infarto agudo al miocardio o una cirugía cardíaca, estos programas se encargan de ofrecer una combinación de ejercicio físico supervisado, educación sobre la salud del corazón, asesoramiento nutricional y apoyo psicosocial (Márquez et al., 2017).

Los PRC son centros especializados multifacéticos y multidisciplinarios que buscan rehabilitar física, social y psicológicamente a las personas con enfermedades cardiovasculares (AACVPR, 2019). Los beneficios son vastos y multidimensionales, ayudan a mejorar la capacidad funcional del paciente, reducen el riesgo de eventos cardiovasculares recurrentes, controlan factores de riesgo como la hipertensión y el perfil lipídico y promueven cambios en el estilo de vida, como una dieta saludable y la cesación del tabaquismo, además, proporcionan un entorno de apoyo y motivación que puede ser fundamental para el bienestar emocional del paciente durante su proceso de recuperación (Cano De La Cuerda et al., 2012).

Los programas de rehabilitación cardíaca no solo contribuyen a la mejora física, sino que también fortalecen la salud mental y emocional ofreciendo a los pacientes las herramientas necesarias para adoptar un estilo de vida cardiosaludable y mejorar su calidad de vida a largo plazo (Rivas et al., 2013).

El ejercicio aeróbico es ampliamente estudiado y utilizado en los programas de rehabilitación cardíaca debido a sus beneficios específicos y comprobados en la salud cardiovascular, este tipo de ejercicio implica actividades como caminar, correr, andar en bicicleta y nadar, y se centra en mejorar la capacidad aeróbica del cuerpo fortaleciendo el corazón y los pulmones (Acevedo et al., 2013).

En el contexto de la rehabilitación cardíaca, el ejercicio aeróbico ha sido la metodología más estudiada y se ha demostrado que es altamente beneficioso, ya que ayuda a mejorar la capacidad funcional del paciente, aumenta la resistencia cardiovascular, reduce la presión arterial, controla los niveles lipídicos y mejora la salud mental. Además, el ejercicio aeróbico se puede adaptar fácilmente a diferentes niveles de

condición física y se puede realizar de manera segura bajo supervisión médica, su efectividad y seguridad respaldadas por numerosos estudios lo convierten en una pieza clave de los programas de rehabilitación cardíaca, ayudando a los pacientes a recuperarse de eventos cardiovasculares y a adoptar un estilo de vida activo y saludable a largo plazo (Ávila et al., 2019).

En la actualidad, se conocen diversas metodologías de entrenamiento que ofrecen beneficios significativos para la salud cardiovascular y general, entre estas se encuentran el EC y el HIIT, las cuales destacan por su eficacia y versatilidad (Peroni y Goñi, 2019). El EC combina tanto el entrenamiento aeróbico como el de fuerza en una misma sesión, ofreciendo beneficios tanto para la capacidad cardiovascular como para el aumento de la masa muscular y de la fuerza (Marcelo et al., 2021). Por otro lado, el HIIT se caracteriza por alternar períodos cortos de ejercicio intenso con períodos de descanso o recuperación, lo que ayuda a mejorar la resistencia cardiovascular, quemar calorías de manera eficiente y aumentar la capacidad aeróbica en un tiempo relativamente corto (Peña et al., 2013).

Ambas metodologías han demostrado ser efectivas para mejorar la salud cardiovascular, controlar los factores de riesgo y promover la condición física en general, lo que las convierte en opciones valiosas dentro de los programas de entrenamiento y rehabilitación cardíaca en la actualidad (Pineda et al., 2021).

El HIIT, es una metodología de ejercicio que se caracteriza por alternar breves períodos de ejercicio intenso con períodos de recuperación activa o descanso, estos intervalos de alta intensidad suelen ser de corta duración, generalmente de 20 a 90 segundos y se realizan a una intensidad cercana al máximo esfuerzo del individuo, los intervalos se intercalan con períodos de baja intensidad o descanso activo, permitiendo al cuerpo recuperarse parcialmente antes de comenzar el próximo intervalo intenso, este tipo de entrenamiento desafía al sistema cardiovascular y muscular de manera eficiente, mejorando la capacidad aeróbica, la quema de calorías, la resistencia y la fuerza en un tiempo relativamente corto (Huerta et al., 2017).

El entrenamiento HIIT ha surgido como una estrategia eficaz para mejorar varios aspectos relacionados con la salud cardiovascular, incluido el perfil lipídico, la función endotelial y los biomarcadores inflamatorios en pacientes con enfermedad arterial coronaria estudios han demostrado que el HIIT puede reducir los niveles de triglicéridos y aumentar el colesterol HDL, contribuyendo así a un perfil lipídico más saludable,

además, el ejercicio de alta intensidad intermitente ha mostrado beneficios significativos en la función endotelial, promoviendo la liberación de óxido nítrico y mejorando la vasodilatación, lo que puede ayudar a contrarrestar la disfunción endotelial asociada con la enfermedad arterial coronaria, en cuanto a los biomarcadores inflamatorios, el HIIT ha demostrado reducir los niveles de marcadores como la IL-6 y otros mediadores inflamatorios, lo que sugiere un efecto antiinflamatorio que podría ser beneficioso en la gestión de la enfermedad arterial coronaria (Becerra y Mojica, 2022).

Estos hallazgos respaldan la inclusión del entrenamiento HIIT como parte integral de los programas de rehabilitación cardíaca, ofreciendo una estrategia eficaz para mejorar la salud cardiovascular en pacientes con EAC (Becerra y Mojica, 2022).

El entrenamiento concurrente ofrece numerosos beneficios en pacientes con enfermedad arterial coronaria cuando se realiza de manera consistente. En términos de perfil lipídico, contribuye a reducir los niveles de colesterol total (CT), triglicéridos (TG) y lipoproteína de baja densidad (LDL), mientras que aumenta los niveles de lipoproteína de alta densidad (HDL), promoviendo así un perfil lipídico más saludable. A nivel endotelial, mejora la vasodilatación, lo que favorece un mejor flujo sanguíneo y puede ayudar a prevenir el empeoramiento de la enfermedad arterial coronaria. En cuanto a la interleucina-6 (IL-6), el ejercicio concurrente promueve un efecto antiinflamatorio que reduce los riesgos asociados con la enfermedad arterial coronaria (Atashak et al., 2016).

A pesar de la creciente popularidad del HIIT y su evidencia respaldada en la mejora de la salud cardiovascular, persiste una incógnita en cuanto a su superioridad sobre el EC; si bien el HIIT ha demostrado ser altamente efectivo en la mejora de la capacidad aeróbica, la quema de calorías y la optimización del tiempo de ejercicio, aún no está claro si supera al EC en todos los aspectos. Además, aunque el HIIT ha mostrado beneficios significativos en varios biomarcadores asociados con la enfermedad arterial coronaria, como la función endotelial, perfil lipídico y los marcadores inflamatorios, no hay claridad en cuanto a su superioridad sobre el EC, por lo tanto, mientras que el HIIT presenta promesas emocionantes en el campo del ejercicio y la salud cardiovascular, aún se necesitan más investigaciones para comprender completamente su papel en comparación con otras modalidades de entrenamiento, como el entrenamiento aeróbico tradicional y el EC (Petré et al., 2018; Ramos et al., 2015).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar mediante un meta-análisis los efectos del entrenamiento intervalico de alta intensidad versus concurrente sobre interleucina 6, lipoproteínas de baja densidad, lipoproteínas de alta densidad, colesterol total, triglicéridos y función endotelial de pacientes con EAC.

3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar el tamaño de efecto global de los biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial en el entrenamiento concurrente.
- b. Determinar el tamaño de efecto global de los biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial en el entrenamiento interválico.
- c. Comparación entre los tamaños de efecto globales de los biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial obtenidos con el HIIT versus EC.
- d. Examinar el posible sesgo de publicación de los resultados del meta-análisis.
- e. Examinar la utilización de variables moderadoras como la intensidad, cantidad de sesiones, volumen y el estado inicial de los pacientes en los resultados.

4. Conceptos claves

Consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx.}$): es la capacidad que posee el organismo de captar, transportar y utilizar oxígeno durante la realización de esfuerzos físicos. Se mide considerando la relación entre los mililitros de oxígeno por kilogramo de peso y por minuto que requiere el organismo [ml/kg/min] (ACSM, 2014).

Enfermedad arterial coronaria (EAC): La enfermedad arterial coronaria se basa en la formación de una placa ateromatosa que se produce por acumulación de lípidos entre las capas de la pared vascular, asociado a un proceso inflamatorio donde se produce una capa fibrosa que separa el contenido graso del lumen arteriolar, durante este mismo

proceso inflamatorio se da la invasión de macrófagos y activación de las metaloproteinasas produciendo una remodelación y debilitamiento de la capa fibrosa, lo que da por resultado una reducción del aporte sanguíneo en al menos una de las arterias coronarias epicardiales la cual puede cursar asintomática o bien aumentar la vulnerabilidad a la ruptura dándose un fenómeno de aterotrombosis (Ramos, 2010).

Lipoproteínas de baja densidad (LDL): Se produce en el hígado y se libera en el torrente sanguíneo para suministrar a los tejidos del cuerpo un cierto tipo de grasa (triglicéridos), en ocasiones se le llama colesterol "malo" porque un nivel alto de LDL lleva a una acumulación de colesterol en las arterias (Querales et al., 2012).

Lipoproteína de alta densidad (HDL): Conocido como colesterol bueno, por el hecho que transporta el colesterol al hígado, y el mismo se encarga de eliminar el colesterol del cuerpo (Nieto y García, 2013).

Triglicéridos (TG): Un triglicérido es un éster derivado de glicerol y tres ácidos grasos. Los triglicéridos son los principales constituyentes de la grasa corporal en los seres humanos y otros animales, así como la grasa vegetal (Carranza, 2017).

Frecuencia cardíaca (FC): La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo, se mide en condiciones bien determinadas y se expresa en pulsaciones por minuto a nivel de las arterias periféricas y en latidos por minuto a nivel del corazón (Veloza et al., 2019).

Función endotelial (FE): El endotelio se puede definir como una monocapa que separa los tejidos de la sangre, las células endoteliales tienen una multitud de funciones que son específicas a su localización, la principal función del endotelio es regular el flujo y la perfusión sistémicos a través de cambios en el diámetro y en el tono vascular (Carvajal, 2017).

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

En este apartado se desarrollan temáticas sobre las cuales se sustentan las bases teóricas de los efectos que posee el efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad versus concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial coronaria. Para ello primeramente se habla de enfermedades cardiovasculares que es la principal enfermedad, y posteriormente se enfoca en la enfermedad a investigar como lo es la enfermedad arterial coronaria, posteriormente se habla sobre cada variable dependiente a investigar y los beneficios del ejercicio de alta intensidad y concurrente sobre estas variables.

1. Enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son alteraciones en la salud del sistema circulatorio, las cuales pueden ser de etiología y localización diversa, estas se clasifican en 4 tipos generales: isquémicas del corazón, enfermedades cerebrovasculares, enfermedades vasculares periféricas, y otras enfermedades (Sarre et al., 2018). Las ECV tienen una gran prevalencia en la mortalidad actual en la población mundial (Cervantes, 2020).

La epidemiología de la enfermedad arterial coronaria (EAC) es un campo fundamental en la comprensión de esta afección cardiovascular prevalente, la EAC, caracterizada por la obstrucción de las arterias coronarias que suministran sangre al corazón, es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo (Cervantes, 2020; Ferreira, 2014).

El enfoque de la epidemiología de la Enfermedad Arterial Coronaria (EAC) radica en la identificación de los factores de riesgo vinculados a su aparición, tales como la hipertensión, la hiperlipidemia, el tabaquismo, la obesidad y la diabetes. Además, esta disciplina analiza la distribución de la enfermedad en distintas poblaciones, abordando tanto las disparidades étnicas como las socioeconómicas (Álvarez et al., 2015; Ferreira, 2014).

Los estudios epidemiológicos también investigan las tendencias temporales en la incidencia y prevalencia de la EAC, así como los factores ambientales y genéticos que pueden influir en su aparición, comprender la epidemiología de la EAC es fundamental para desarrollar estrategias de prevención y control efectivas, así como para mejorar la atención médica y reducir la carga global de esta enfermedad cardiovascular (Dattoli et al., 2021).

Enfermedad arterial coronaria

La Enfermedad Coronaria es una de las principales causas de morbimortalidad en países en desarrollo, donde es vital un adecuado diagnóstico y manejo debido a que ignorar esta enfermedad en etapas tempranas aumenta los costos (Kevorkian et al., 2015). Según Malakar et al., (2019) la enfermedad arterial coronaria (EAC) se caracteriza por la insuficiente irrigación sanguínea del corazón por las arterias coronarias. Está directamente relacionada al grado de obstrucción del flujo sanguíneo por las placas ateroscleróticas, resultando en un estrechamiento de las arterias coronarias (estenosis), que, debido a la reducción del flujo sanguíneo coronario disminuye la llegada del oxígeno al corazón.

Mientras que Estrada y Vargas, (2012), mencionan que la fisiopatología de la enfermedad coronaria se basa en la formación de una placa ateromatosa que se produce por acumulación de lípidos entre las capas íntima y media de la pared vascular, asociado a un proceso inflamatorio que termina por producir una capa fibrosa que separa el contenido graso del lumen arteriolar, durante este mismo proceso inflamatorio se da la invasión de macrófagos y activación de las metaloproteinasas produciendo una remodelación y debilitamiento de la capa fibrosa, lo que da por resultado una reducción del aporte sanguíneo en al menos una de las arterias coronarias epicardiales la cual puede cursar asintomática o bien aumentar la vulnerabilidad a la ruptura dándose un fenómeno de aterotrombosis.

La EAC es la principal causa de muerte y gastos de asistencia médica en la actualidad, esto se da por el padecimiento de múltiples patologías que empeoran la situación del paciente, como lo es el tabaquismo, la obesidad, la diabetes mellitus, la hipertensión, los niveles elevados de colesterol, los antecedentes familiares de enfermedades cardiovasculares y la falta de ejercicios que aumentan el riesgo de morir por estos eventos cardiacos (Khera y Kathiresan, 2017).

Para el diagnóstico de la EAC Estrada y Vargas, (2012), mencionan que se puede detectar por medio de pruebas de esfuerzo o pruebas de esfuerzo nuclear, así como técnicas de imágenes no invasivas (electrocardiogramas, ecocardiogramas) para determinar la viabilidad miocárdica, por medio más invasivo como un cateterismo cardiaco o angiografía, por evaluación clínica, estratificando al paciente o por tomografía computarizada cardiaca.

2. Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, por sus siglas en inglés)

El HIIT es una forma de ejercicio físico que constituye un medio esencial para el fortalecimiento de la condición física y a su vez como un aporte para la salud física y mental de las personas con ECV (Rodríguez et al., 2021).

El HIIT está constituido por ejercicios breves e intermitentes de alta intensidad acompañado de momentos cortos de descanso o baja intensidad (Petré et al., 2018). Este tipo de entrenamiento pretende llevar la intensidad a niveles máximo y submáximos para después bajar las cargas de entrenamiento a una intensidad baja (De Oliveira et al., 2021). Este entrenamiento produce mejoras en la resistencia anaeróbica y aeróbica (Rodríguez et al., 2021).

El HIIT ha demostrado ser eficaz en la mejor de adaptaciones cardiovasculares, bioquímicas, psicológicas y hasta en la composición corporal (Peña et al., 2013). El HIIT disminuye la masa grasa de manera significativa, lo que permite que no haya tantas células circulantes que aumente el riesgo de una EAC (Da Silva et al., 2022). Esto se genera dado que el entrenamiento a altas intensidades provoca un incremento en el efecto de exceso de consumo de oxígeno posterior al ejercicio (EPOC, por sus siglas en inglés), lo que permite que el músculo continúe consumiendo calorías por un tiempo de minutos u horas mientras regula el proceso de homeostasis (Rodríguez et al., 2021).

Este tipo de entrenamiento es variable y las adaptaciones del organismo inducidas son determinadas por factores como duración e intensidad del ejercicio (Becerra y Mojica, 2022). Además, estas adaptaciones producen mejoras en la condición física de la población. Debido a sus características específicas, el entrenamiento interválico a altas intensidades pondrá un fin a períodos cortos de entrenamiento, ofreciendo así una estrategia de ejercicio eficiente que merece consideración por parte de los profesionales en movimiento humano y calidad de vida (García, 2019).

El entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) ha demostrado mejorar la función endotelial, que es crucial para la salud cardiovascular, este efecto beneficioso se atribuye a varios factores, durante los períodos de alta intensidad del ejercicio, se produce un aumento significativo en el flujo sanguíneo y la demanda de oxígeno, lo que provoca una mayor liberación de óxido nítrico (NO) por parte de las células endoteliales (Turri et al., 2021).

El NO es una molécula clave que dilata los vasos sanguíneos, mejora la vasodilatación y reduce la rigidez arterial, lo que favorece un flujo sanguíneo óptimo y una menor resistencia vascular, además, el HIIT también promueve adaptaciones metabólicas y estructurales en los vasos sanguíneos, como la reducción de la inflamación, el estrés oxidativo y la acumulación de placa, lo que contribuye a una función endotelial más saludable (Gielen et al., 2015).

El entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) ha demostrado ser efectivo en la disminución de la interleucina 6 (IL-6) (Irandoost et al., 2022). Durante las sesiones de ejercicio HIIT, se produce un aumento significativo en la liberación de hormonas, como la adrenalina y el factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1), que actúan para regular la respuesta inflamatoria del organismo (Sasimontonkul y Sirivarasai, 2024).

Además, el HIIT induce adaptaciones metabólicas y estructurales en los músculos esqueléticos, como un aumento en la actividad de las enzimas antioxidantes y una mejora en la sensibilidad a la insulina, estos cambios metabólicos ayudan a reducir la producción de IL-6 y otros mediadores inflamatorios, lo que contribuye a un estado antiinflamatorio generalizado en el organismo, por lo tanto, el HIIT no solo mejora la aptitud física, sino que también tiene efectos beneficiosos en la regulación del sistema inmunológico y la inflamación, lo que puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas asociadas con la inflamación excesiva, como la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Cullen et al., 2016).

3. Entrenamiento concurrente (EC)

El entrenamiento concurrente, en el contexto del ejercicio físico, se refiere a la práctica de combinar diferentes modalidades de entrenamiento en una sola sesión o programa (Da Silva et al., 2020). Esto implica trabajar simultáneamente en áreas como la resistencia cardiovascular, la fuerza muscular, la flexibilidad o el equilibrio (García et al.,

2016). Al integrar múltiples tipos de ejercicio en una rutina, se busca mejorar de manera integral la condición física y alcanzar diversos objetivos, como la pérdida de peso, el aumento de la fuerza y la resistencia cardiovascular, y la mejora de la salud cardiovascular, sin embargo, para maximizar los beneficios y evitar el agotamiento o el sobre entrenamiento, es importante diseñar el entrenamiento concurrente de manera adecuada, considerando la progresión gradual y el equilibrio entre las distintas modalidades (Da Silva et al., 2022).

El entrenamiento concurrente tiene como respuestas fisiológicas agudas durante e inmediatamente después de la aplicación de los estímulos concurrentes sobre los distintos sistemas fisiológicos, tales como el endocrino (hormona de crecimiento, testosterona, IGF-1, cortisol, entre otros) y el neuromuscular (producción de fuerza-potencia, fuerza explosiva, y activación muscular), e incluso, a nivel biomolecular, metabólico o sobre otros aspectos como el gasto energético total o el consumo de oxígeno postejercicio (García et al., 2016).

El entrenamiento concurrente, cuando se realiza de manera consistente y progresiva, conduce a una serie de respuestas fisiológicas crónicas que mejoran la salud y el rendimiento físico a largo plazo (Gripp et al., 2021). Entre estas adaptaciones se incluyen el aumento de la fuerza y la masa muscular, la mejora de la resistencia cardiovascular, el incremento de la capacidad aeróbica y anaeróbica, así como la optimización del metabolismo y la composición corporal (Wood et al., 2019).

Además, el entrenamiento concurrente puede provocar adaptaciones en el sistema nervioso central y periférico, mejorando la coordinación neuromuscular y la eficiencia de movimiento (Ramos et al., 2015). A nivel hormonal, se pueden observar cambios como una menor respuesta de las catecolaminas y el cortisol al ejercicio, lo que indica una mejor capacidad de regulación del estrés fisiológico, estas respuestas crónicas son el resultado de la continua exposición a la combinación de estímulos de entrenamiento y son fundamentales para alcanzar los objetivos de mejora del rendimiento y la salud a largo plazo (Gripp et al., 2021).

Por otro lado, desde el punto de vista de la salud es bien conocido que una baja aptitud cardiorrespiratoria y neuromuscular se asocian con un aumento de la mortalidad por cualquier causa, con el fin de contrarrestar diversos desórdenes que impactan en la capacidad funcional y salud metabólica, y ayudar así en la prevención y tratamiento de

numerosas enfermedades durante el transcurso de la vida, las recomendaciones internacionales sobre ejercicio físico sugieren la práctica de ambos tipos de entrenamiento (American College of Sports Medicine, 2021).

4. Beneficios del ejercicio físico en pacientes con EAC

El ejercicio físico se ha relacionado con mayores beneficios sobre la capacidad aeróbica, funciones cardiovasculares y sistema endotelial, además estimula la circulación sanguínea dentro del propio músculo cardíaco, además de aumentarla en el resto de los músculos, evita la formación de coágulos dentro de las arterias y, como consecuencia, que se puedan producir infartos o eventos cardiovasculares, mejora la condición física, disminuye la resistencia a la insulina, optimiza el metabolismo de los hidratos de carbono y facilita una mejor utilización de las grasas de nuestro cuerpo (Bizzozero y Díaz, 2021).

Los beneficios del ejercicio en esta enfermedad van más allá de la mejora de la salud cardiovascular; también abarcan aspectos como la reducción del riesgo de eventos cardíacos graves, la mejora de la función cardíaca, la regulación de los factores de riesgo cardiovascular y la promoción del bienestar general (Dibben et al., 2021).

5. Principales efectos del ejercicio en la EAC

Explorar estos beneficios puede proporcionar una visión más profunda de cómo el ejercicio puede ser una pieza clave en el enfoque integral para abordar la enfermedad arterial coronaria, es por esto que Bruning y Sturek, (2015); Dibben et al., (2021) concuerdan que los principales beneficios del ejercicio en la EAC son los siguientes:

5.1 Efectos vasculares

El ejercicio afecta el sistema que disuelve los coágulos, llamado sistema fibrinolítico. El ejercicio vigoroso en adultos sanos disminuye los niveles de fibrinógeno en la sangre y aumenta la actividad del activador tisular del plasminógeno. A corto y largo plazo, el ejercicio también influye en la activación de las plaquetas, que suele ser más alta en personas sedentarias, pero puede ser reducida o eliminada con ejercicio regular a largo plazo.

5.2 Función endotelial.

El endotelio vascular desempeña un papel importante en la regulación del tono arterial y la agregación plaquetaria debido a la liberación del óxido nítrico, especialmente cuando

se presenta la fricción del flujo sobre el vaso sanguíneo el ejercicio aeróbico mejora la función endotelial la cual está alterada en la arteriosclerosis y demás factores de riesgo cardiovascular.

5.3 Efectos anti isquémicos

La baja de la presión arterial y de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio submáxima reduce el trabajo miocárdico; asimismo la demanda de oxígeno y el aporte sanguíneo permitiendo más tiempo diastólico para la perfusión del flujo coronario a nivel miocárdico.

5.4 Efecto antiarrítmico

El entrenamiento físico mejora la suplencia de oxígeno al miocardio con una reducción concomitante del tono simpático y la liberación de catecolaminas reduciéndose, por lo tanto, el riesgo de fibrilación ventricular (muerte súbita) en pacientes con enfermedad cardiovascular conocida.

5.5 Efectos sobre la presión arterial

El ejercicio reduce la incidencia de hipertensión arterial, en hipertensión moderada, la actividad física a corto término disminuye la presión sanguínea durante 8 a 12 horas post ejercicio. El ejercicio regular reduce tanto la presión sistólica como la diastólica, generalmente, en promedio, tomando en cuenta varios estudios, la presión arterial sistólica se reduce en 10.5 mm /Hg y la diastólica en 7.5 mm/Hg.

5.6 Colesterol (CT)

El ejercicio regular ofrece una amplia gama de beneficios para el colesterol y la salud cardiovascular en general. Uno de los principales efectos positivos del ejercicio es que aumenta los niveles de colesterol HDL, el llamado "colesterol bueno" (Saavedra et al., 2012). El HDL actúa transportando el exceso de colesterol de las arterias hacia el hígado para su eliminación, reduciendo así el riesgo de acumulación de placa en las arterias (Civeira y Burillo, 2012). Además, el ejercicio puede ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL, conocido como "colesterol malo", al mejorar la sensibilidad a la insulina y promover la oxidación de las grasas, lo que contribuye a la eliminación del exceso de colesterol LDL de la sangre (Carvajal, 2015). Además, el ejercicio regular también puede ayudar a controlar el peso corporal, disminuir la presión arterial y mejorar la salud general

del sistema cardiovascular, lo que indirectamente beneficia los niveles de colesterol (Saavedra et al., 2012).

5.7 Triglicéridos (TG)

Los triglicéridos están formados por una molécula de glicerol esterificada con tres ácidos grasos y constituyen una fuente importante de energía para muchos órganos y tejidos. Los TG son insolubles en el plasma y deben ser transportados, junto con el colesterol y los fosfolípidos, dentro de partículas esféricas llamadas lipoproteínas, los mismos son los principales constituyentes de la grasa corporal en los seres humanos. Las lipoproteínas son partículas esféricas que transportan lípidos en la sangre y presentan una parte central interna formada por lípidos no polares (TG y CT no esterificado) y una monocapa superficial de lípidos polares (fosfolípidos y CT no esterificado), además, tienen una o más apolipoproteínas asociadas a la partícula (Carvajal, 2017).

Los niveles de TG son útiles para identificar individuos con riesgo alto de ECV, específicamente midiendo el nivel de TG posprandial en la población no diabética, los estudios mencionan que los altos niveles de TG se pueden ver altamente relacionados con EAC (Madrigal, 2017).

5.8 Interleucina 6 (IL-6)

La interleucina 6 (IL-6) es una citocina proinflamatoria que desempeña un papel crucial en la respuesta inmune y la inflamación. Aunque tradicionalmente se ha asociado con respuestas inflamatorias agudas, investigaciones recientes han revelado que el ejercicio físico puede modular los niveles de IL-6 de manera beneficiosa (López et al., 2013).

Durante el ejercicio, especialmente el ejercicio aeróbico de intensidad moderada a alta, se produce un aumento transitorio en los niveles de IL-6, lo que se conoce como respuesta aguda al ejercicio. Sin embargo, este aumento en IL-6 durante el ejercicio también desencadena una serie de respuestas antiinflamatorias que pueden tener efectos beneficiosos a largo plazo. Por ejemplo, IL-6 ayuda a movilizar los ácidos grasos y a mejorar la utilización de glucosa durante el ejercicio, lo que contribuye a la producción de energía y puede mejorar la resistencia a la insulina (Cullen et al., 2016).

Además, el ejercicio regular puede provocar adaptaciones en el sistema inmunitario y reducir los niveles de IL-6 en reposo, lo que se asocia con una menor inflamación

crónica y un menor riesgo de enfermedades relacionadas con la inflamación, como la diabetes tipo 2, la enfermedad cardiovascular y la obesidad (López et al., 2013).

La IL-6 se mide en picogramos de mililitros (pg/ml), este biomarcador inflamatorio se puede medir por medio de exámenes de sangre o bien en otros líquidos corporales como el líquido sinovial o el líquido cefalorraquídeo, el valor normal de IL-6 es de 1.8 pg/ml, si este valor es superior indica que el paciente se encuentra en estado inflamatorio, este es un signo de un incremento del daño celular que conduce a un deterioro de la función cardíaca (Cullen et al., 2016).

5.9 Función endotelial

El ejercicio regular tiene numerosos beneficios en la función endotelial. En primer lugar, el ejercicio aumenta el flujo sanguíneo y la producción de óxido nítrico, una molécula clave que promueve la dilatación de los vasos sanguíneos y ayuda a mantener la flexibilidad y la función saludable de las arterias (Carvajal, 2017). Además, el ejercicio mejora la sensibilidad a la insulina y reduce la resistencia a la insulina, lo que puede contribuir a una mejor regulación del azúcar en sangre y a la reducción del estrés oxidativo y la inflamación, factores que pueden dañar las células endoteliales (Carvajal, 2017).

Asimismo, el ejercicio promueve la liberación de factores de crecimiento y moléculas antiinflamatorias que favorecen la regeneración y la reparación de las células endoteliales dañadas. En conjunto, estos efectos del ejercicio ayudan a mantener la integridad y la función saludable de los vasos sanguíneos, lo que puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, como la enfermedad arterial coronaria, el accidente cerebrovascular y la hipertensión (Cobos, 2014).

6. Métodos de medición de la IL-6

La medición de la interleucina 6 (IL-6) puede realizarse mediante diversos métodos, siendo los más comunes los ensayos inmunológicos, como ELISA (ensayo de inmunoadsorción ligado a enzimas), y técnicas de biología molecular, como la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (qPCR) (Turchin y Bourcier, 2022).

Estos métodos permiten cuantificar los niveles de IL-6 en muestras biológicas, como sangre, suero, plasma o tejidos, mediante la detección de la molécula específica o de su ARN mensajero (ARNm). Además, la IL-6 también puede ser medida indirectamente a través de la estimulación de células inmunitarias en cultivo, seguida de la cuantificación

de IL-6 liberada en el medio de cultivo. Es importante tener en cuenta que la medición de IL-6 puede verse afectada por varios factores, como el momento del muestreo, la técnica utilizada y las condiciones de almacenamiento de las muestras, por lo que es crucial estandarizar los procedimientos para garantizar resultados precisos y comparables entre estudios (Cetin et al., 2018).

7. Métodos para medir la función endotelial

La función endotelial se puede evaluar mediante diversas técnicas, siendo una de las más comunes la vasodilatación mediada por el flujo (VMF) o el ultrasonido Doppler (Flammer et al., 2012). En este método, se mide el cambio en el diámetro de una arteria, típicamente la arteria braquial, en respuesta a un estímulo vasodilatador, como el aumento del flujo sanguíneo inducido por un manguito de presión arterial o la infusión de fármacos como la nitroglicerina (Godo y Shimokawa, 2017).

Otro enfoque para evaluar la función endotelial es mediante la bioquímica de laboratorio, donde se miden los niveles de moléculas vasodilatadoras, como el óxido nítrico y prostaciclina, o de moléculas inflamatorias, como la interleucina 6 (IL-6) y la proteína C reactiva (PCR), en muestras de sangre (Poredos y Jezovnik, 2013).

Además, técnicas de imagen avanzadas, como la resonancia magnética y la tomografía de coherencia óptica, también pueden utilizarse para evaluar la estructura y la función de los vasos sanguíneos en vivo, estas diversas metodologías permiten una evaluación integral de la función endotelial, proporcionando información valiosa sobre la salud vascular y el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Godo y Shimokawa, 2017).

8. Método para medir el perfil lipídico

El perfil lipídico se mide típicamente mediante un análisis de sangre que evalúa los niveles de diferentes tipos de lípidos y lipoproteínas en la sangre (Snowden et al., 2020).

Capítulo III

METODOLOGÍA

1. Tipo de estudio

Este estudio implementa la técnica de meta-análisis la cual se ha utilizado recientemente como una herramienta útil para resumir la información científica de varios estudios sobre un tema o un fenómeno en específico y con la misma se busca crear nuevos conocimientos, además estandariza los resultados de los estudios en una variable denominada tamaño de efecto (TE), el mismo permite conocer una estimación aproximada del alcance de los hallazgos encontrados en la investigación, además permite cuantificar el tamaño de diferencia entre dos grupos (Botella y Zamora, 2017).

Este estudio de revisión sistemática y meta-análisis fue llevado a cabo conforme a las directrices PRISMA, las cuales establecen los elementos para informar las revisiones sistemáticas y meta-análisis (Sánchez et al., 2022).

Se realizó la recopilación, selección y análisis estadístico de datos provenientes de múltiples estudios de investigación, utilizando bases de datos académicas y motores de búsqueda especializados, posteriormente se desechó los que no cumplían los requisitos de elegibilidad, una vez recopiladas las investigaciones pertinentes se extrajeron los datos relevantes y necesarios para la aplicación de los meta-análisis como los resultados de los estudios, las variables analizadas y características de los participantes, una vez con la base de datos se continuó a hacer los análisis estadísticos correspondientes según los objetivos, finalmente, se interpretan los hallazgos de los meta-análisis y se elabora un informe detallado que resume los resultados, discusión, conclusiones y las implicaciones para la investigación.

Para efectos del presente estudio meta-analítico el puntaje que se obtiene sirvió como estadístico para analizar el posible efecto moderador de la calidad metódica de los estudios con respecto al tamaño de efecto de ejemplos de entrenamiento interválico versus concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial en pacientes con enfermedad arterial coronaria.

2. Procedimiento

2.1 Búsqueda de información

Para la búsqueda de la bibliografía se accedió a las bases de datos electrónicas de: “SportsDiscus”, “Academic Search Ultimate”, “ScienceDirect”, “PubMed” y “Scielo” y se utilizó la frase booleana: *resistance AND high intensity interval training AND endothelial function OR lipid profile AND IL-6 OR PC- reactive AND arterial disease*.

La búsqueda se filtró por palabras en el título, palabras claves y/o en el resumen, y solicitando que los artículos estuvieran a texto completo y de manera gratuita. Se incluyeron artículos únicamente en los idiomas inglés, portugués y español. Los estudios seleccionados fueron aquellos que después de leer su resumen tuvieron un criterio más específico sobre la problemática y la aplicación de ejercicio físico en pacientes con enfermedad cardiovascular lo cual era un requisito.

3. Selección de criterios

3.1 Criterios de elegibilidad

La selección de los artículos se realizó considerando la población y las características de los estudios. La limitación en el año de publicación fue del 2000 al 2022. Se consideró que la metodología y diseño de los estudios cumplieran con alguno de los siguientes criterios: estudios longitudinales o estudios experimentales, con mediciones pre y post de una intervención/tratamiento con ejercicio concurrente y de alta intensidad (HIIT), en el cual estuviera bien documentado el tipo de actividad realizada y la duración de la intervención/tratamiento. Y para los criterios de elegibilidad se tomaron en cuenta: que el artículo tuviera todos los datos requeridos para la investigación, que incluyera las variables dependientes y los métodos de entrenamiento a investigar, que el estudio sea aplicado en pacientes con EAC y que el año mínimo de publicación fuera 2000.

3.2 Artículos seleccionados

Después de la eliminación de duplicados, se examinó de forma independiente los títulos y resúmenes que se incluyeron después de buscarlos con los términos claves. Se analizaron los textos de los artículos relevantes para evaluar que cumplieran con todos los criterios de elegibilidad. Los datos se verificaron dos veces para una mayor precisión y se guardaron en una base de datos (Shamseer et al., 2015) (ver Figura 1).

4. Codificación de los estudios

La búsqueda de los estudios fue realizada por la investigadora principal, se analizó de forma individual cada artículo encontrado, con el fin de observar y considerar cuál era un posible artículo elegible. Posteriormente, se leyeron a texto completo los posibles estudios a utilizar. La información de cada estudio seleccionado fue codificada en una plantilla Excel 2016 y luego pasado al paquete estadístico JAMOVI.

5. Variables

5.1 Variables dependientes

El presente estudio meta-analítico se enfoca en el análisis de 3 variables dependientes: biomarcadores inflamatorios (Interleucina-6), perfil de lípidos (lipoproteína de baja densidad, lipoproteína de alta densidad, colesterol total y triglicéridos) y función endotelial.

5.2 Variables independientes o moderadoras

Las variables independientes o moderadoras consideradas fueron: la edad, la frecuencia de sesiones por semana, duración de cada sesión y la intensidad.

Tabla 1. *Descripción de variable*

Variable	Naturaleza	Nivel de medición
LDL	Dependiente	Métrica
HDL	Dependiente	Métrica
CT	Dependiente	Métrica
TG	Dependiente	Métrica
FE.	Dependiente	Métrica
IL-6	Dependiente	Métrica
Edad	Independiente/ moderadora	Métrica
Tiempo de duración de la intervención	Independiente/ moderadora	Métrica
Frecuencia de sesiones por semana	Independiente/ Moderadora	Métrica
Duración de cada sesión	Independiente/ Moderadora	Métrica
Intensidad en la que se trabaja	Independiente/ Moderadora	Métrica

Nota: LDL: Lipoproteínas de baja densidad, HDL: Lipoproteínas de alta densidad, CT: Colesterol total, TG: Triglicéridos, FE: Función endotelial, IL-6: interleucina 6.

6. Evaluación de la calidad de los estudios

Para valorar la calidad de los estudios se usó la herramienta de riesgo de sesgo de TESTEX (Smart et al., 2015), sirve para evaluar la calidad de cada uno de los estudios experimentales y cuasi experimentales seleccionados y clasificarlos en: 1 si cumple 0 no cumple. Esta herramienta considera 15 aspectos:

1. Criterios de elegibilidad claros y se cumplen.
2. Se describe el proceso de aleatorización y se cumple.
3. Ocultamiento de asignación.
4. Grupos sin diferencia estadística en el pretest.
5. Asesor cegado.
6. Más del 85% de los pacientes (en los grupos) completaron el estudio.
7. Se reportan eventos adversos para cada grupo.
8. Se reporta la asistencia (%) a las sesiones completadas por los sujetos que terminaron.
9. Análisis por intención de tratar.
10. Se reporta el análisis estadístico entre grupos para la variable principal.
11. Se reporta el análisis estadístico entre grupos para las variables dependientes secundarias.
12. Se reportan los resultados de variabilidad de las variables dependientes.
13. Controles de seguimiento de la actividad.
14. Intensidad relativa del ejercicio ajustada.
15. Se reportan los niveles de actividad física del grupo control.

7. Análisis estadísticos

Una vez codificada la información de cada estudio, se procede a calcular los tamaños de efecto individuales de cada variable dependiente. Cuando se identifiquen dos o más tamaños del efecto en una misma variable, se procede a realizar un meta-análisis de manera separada para cada variable. Para esto, se corrigieron los tamaños del efecto y las varianzas. Luego se calcularon los tamaños del efecto globales para modelos de efectos aleatorios. Se obtuvieron los intervalos de confianza al 95%. Todo lo anterior, siguiendo los procedimientos estadísticos

correspondientes para el diseño del meta-análisis entre grupos. Estos cálculos se realizaron en una plantilla de Excel 2016 para Windows, JAMOVI y SPSS.

7.1 Procedimientos estadísticos

Para los cálculos estadísticos de los meta-análisis intra grupos se siguieron los pasos establecidos por (Jiménez y Salazar, 2016): a) TE intra grupos, b) TE por medio del factor de corrección

1. Para diseños intra-grupos se utilizó delta de cambio (Δ):

$$TE = (M_{pos} - M_{pre}) / DE_{pre}$$

M_{pre} = media del pretest

M_{pos} = media del posttest

DE_{pre} = desviación estándar pretest

2. Tamaño del efecto por medio del factor de corrección (c):

Para obtener el factor de corrección:

$$c = 1 - (3 / (4m - 1))$$

Se obtiene m: para diseños intra-grupos: $m = n - 1$

3. Tamaño del efecto corregido (TE_c) mediante:

$$TE_c = TE * c$$

La varianza de tamaño del efecto ($Var\ TE_c$) se calcula mediante:

$$Var\ TE_c = (1/n) + (TE_c^2 / (2 * n - 1))$$

4. Corregir la varianza del tamaño del efecto ($VarC\ TE_c$) mediante:

$$VarC\ TE_c = c^2 * Var\ TE_c$$

5. Intervalos de confianza individuales al 95%:

Para el límite inferior: $IC_{95\%} = TE_c - 1.96 * \sqrt{VarC\ TE_c}$

Para el límite superior: $IC_{95\%} = TE_c + 1.96 * \sqrt{VarC\ TE_c}$

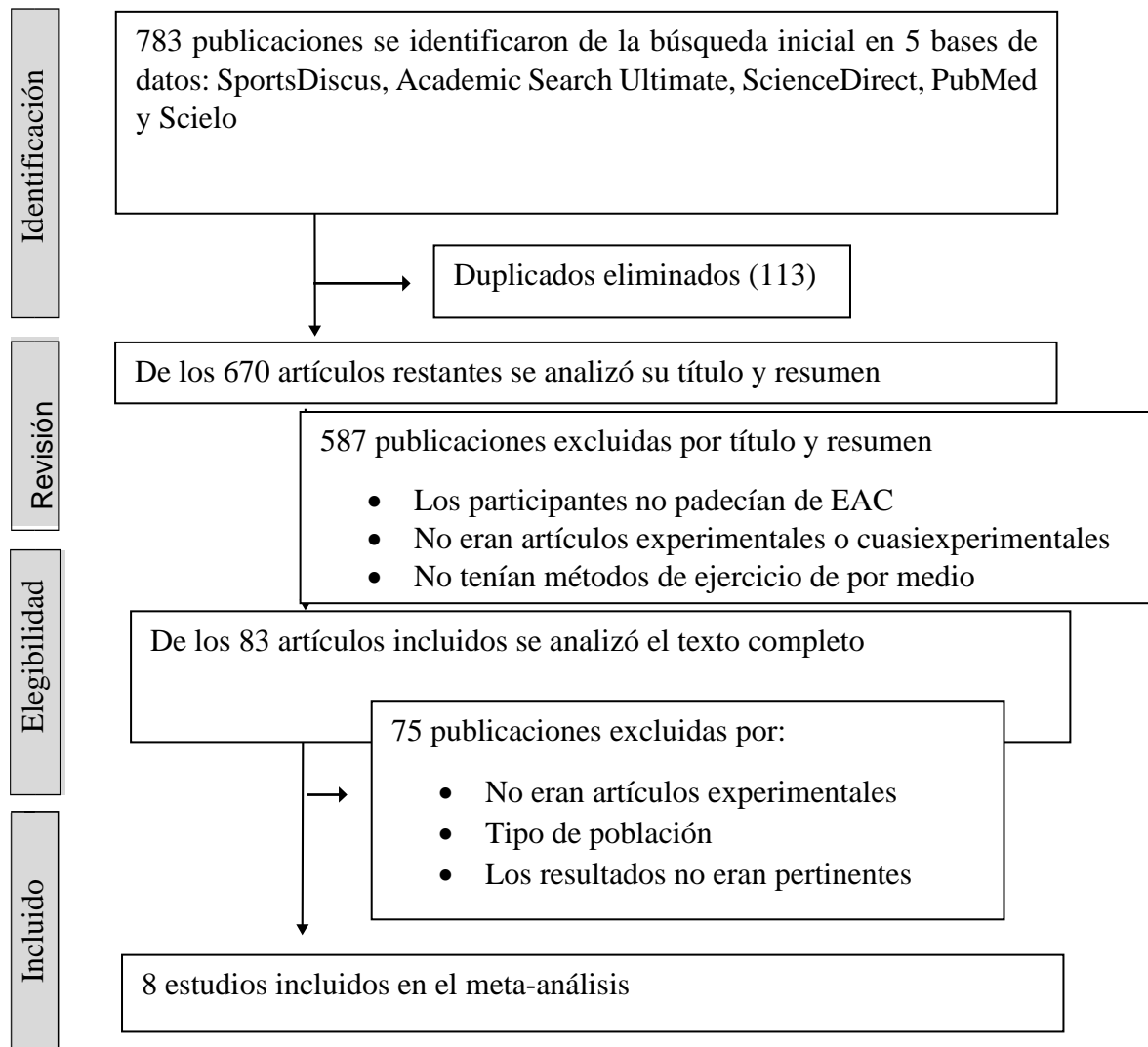
Capítulo IV

RESULTADOS

Se analizaron los títulos y resúmenes de los 783 estudios con el fin de observar y considerar cuál era un posible artículo elegible. Se encontraron con 113 estudios duplicados entre las bases de datos consultadas, los cuales fueron eliminados. Posteriormente, se analizaba el título y resumen para conocer si se cumplían los criterios de elegibilidad, 83 estudios fueron analizados en texto completo y se excluyeron 75 ya que los sujetos no padecían de enfermedad arterial coronaria y los estudios no eran experimentales o cuasiexperimentales. Al final se tuvo un total de 8 estudios que cumplían con los criterios de elegibilidad establecidos (ver figura 1). Entre las principales características de la población se encontró una edad promedio en ambas metodologías de entrenamiento de 56.6 años, mientras de solo en HIIT fue de 42.4 años y en concurrente fue de 70 años y en cuanto a la cantidad de sesiones en siete de los ocho estudios asistieron 3 veces por semana solo en un estudio asistieron 6 veces, 4 estudios fueron aplicados tanto en hombres como en mujeres con un total de 222 personas, mientras que 3 estudios fueron aplicados solo a hombres con un total de 69 personas y solo 1 estudio fue aplicado en mujeres con un total de 91 personas.

Figura 1

Flujograma del proceso de selección de artículos.



En la tabla 2, se detallan las principales características metodológicas y resultados de cada uno de estos estudios. La mayoría de los estudios fueron realizados con ambos géneros (Aikawa et al., 2015; Hambrecht et al., 2000; Roselló et al., 2001; Wong et al., 2011) o solo en hombres (Edwards et al., 2004; Leggate et al., 2010; Saghebjo et al., 2019) un único estudio fue aplicado en mujeres (Beckie et al., 2010). En total 382 personas fueron evaluadas con una edad media de 52 ± 30 años, la cantidad de sesiones tuvo una media de 4.5 ± 1.5 . En cuanto al tipo de metodología de ejercicio físico, 4 estudios aplicaron entrenamiento concurrente, para un total de muestra de 294 participantes (Aikawa et al., 2015; Beckie et al., 2010; Roselló et al., 2001; Wong et al., 2011), en 4 estudios se aplicó el entrenamiento HIIT para un total de 88 pacientes (Edwards et al., 2004; Hambrecht et al., 2000; Leggate et al., 2010; Saghebjo et al., 2019).

Calidad de los estudios y sesgo de la publicación.

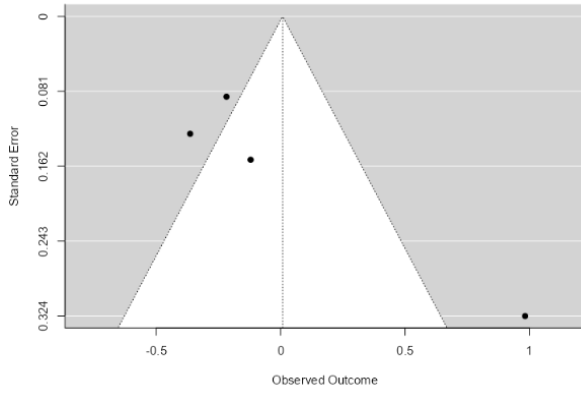
Se analizó el sesgo por cada variable dependiente, lo cual evidencia una asimetría y posible sesgo de publicación en las variables de colesterol total (TE= -0.007; $p= .019$), lipoproteínas de alta intensidad (TE= -0.047; $p= .019$), lipoproteínas de baja densidad (TE= -0.650; $p= .075$), y función endotelial (TE= 0.480; $p= .001$).

Mientras que se observó una simetría y ausencia de sesgo en las variables de triglicéridos (TE= -0.128; $p= .636$), interleucina- 6 (TE= -0.240; $p= .956$). Cabe mencionar que la muestra por variable fue muy pequeña, por lo cual se debe tomar estos resultados con cautela (observar Figura 2).

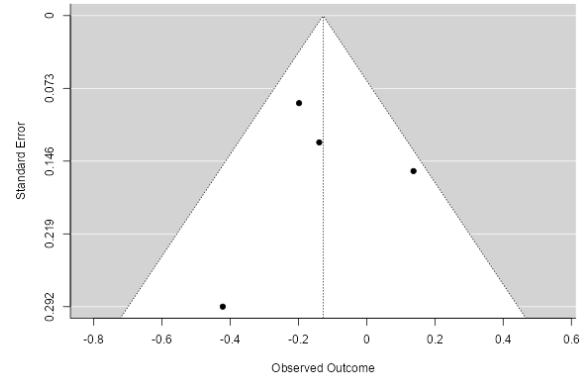
Figura 2

Gráfico de embudo de los meta-análisis realizados.

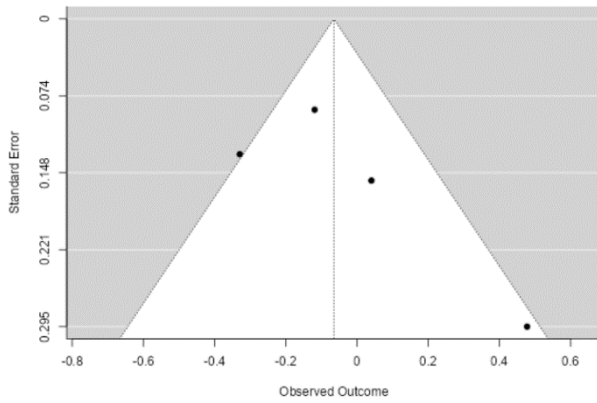
A: Colesterol



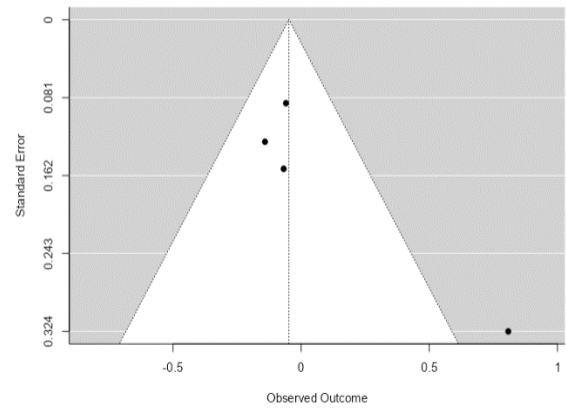
B: Triglicéridos



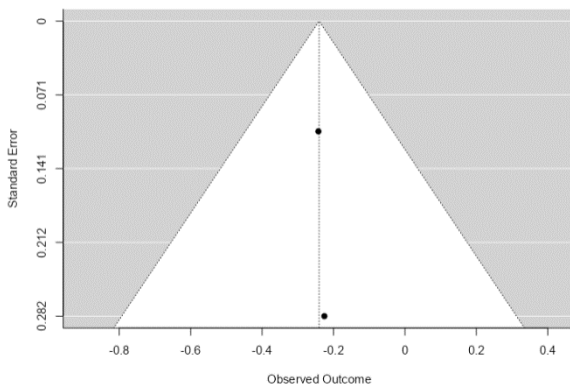
C: Lipoproteínas de baja densidad



D: Lipoproteínas de alta densidad



E: Interleucina-6



F: Función endotelial

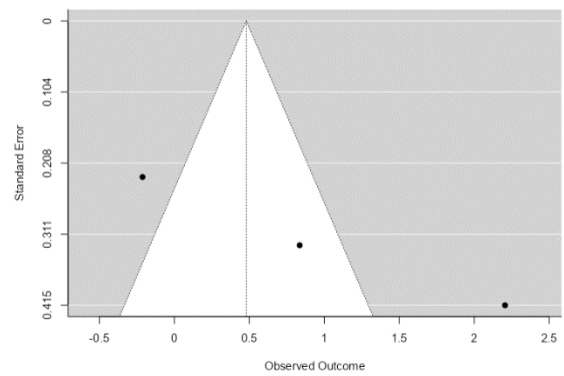


Figura 3

Gráfica de los puntos de la escala de calidad.

	critérios de elegibilidad claros, y se cumplen	Se describe el proceso de aleatorización y se cumple	Grupos sin diferencia estadística en el pretest	Más del 85% de los pacientes (en los grupos) completaron el estudio	Se reportan eventos adversos para cada grupo	Se reporta la asistencia (%) a las sesiones completadas, por los sujetos que terminaron	Se reporta el análisis estadístico entre grupos para la variable principal	Se reporta el análisis estadístico entre grupos para las variables dependientes secundarias	Se reportan los resultados de variabilidad de las variables dependientes	Se reportan los niveles de actividad física del grupo control	Ocultamiento de asignación	Se les indico a los pacientes en que grupo fueron asignados	Los sujetos del estudio son comparados dentro de los grupos a los que fueron originalmente asignados, de manera aleatoria.	Control de seguimiento de la actividad	Intensidad relativa del ejercicio ajustada	Total de puntos
Wong et al., (2011)	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	11
Roselló et al., (2001)	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	12
Saghebjoó et al., (2019)	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
Leggate et al., (2010)	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	11
Aikawa et al., (2015)	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	12
Beckie et al., (2010)	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
Wolf et al., (2004)	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
Hambrecht et al., (2000)	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	13

Heterogeneidad

Se presentó evidencia de heterogeneidad estadísticamente significativa en colesterol total en las modalidades de HIIT y concurrente ($Q= 15.237$; $p < .002$), así como un gran porcentaje de heterogeneidad ($I^2= 92.57\%$). Asimismo, la función endotelial también presenta heterogeneidad ($Q=27.705$; $p < .001$), de igual manera con una gran cantidad de inconsistencia ($I^2= 92.78\%$). Mientras que para los triglicéridos no presentaron heterogeneidad ($Q= 4.539$; $p < 0.209$), y poca inconsistencia ($I^2= 26.89\%$), las lipoproteínas de baja densidad tampoco presentaron heterogeneidad ($Q=7.752$; $p < .051$), y tuvieron una inconsistencia baja ($I^2= 65.3\%$), de igual forma las lipoproteínas de alta densidad no presentaron heterogeneidad ($Q=7.527$; $p < 0.057$), y con una inconsistencia muy baja ($I^2=0.03\%$), Otra variable que no presentó efecto significativo fue la interleucina-6 ($Q=.003$; $p < .956$) y con una inconsistencia nula ($I^2= 0\%$).

Tabla 2

Características metodológicas y principales resultados de las intervenciones de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad versus concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial coronaria.

Estudio Autores	Características de la población				Características de la intervención			Principales resultados en perfil de lípidos	Principales resultados en función endotelial	Principales resultados en biomarcador IL-6
	n	Sexo	Diagnóstico	Diseño	Actividad	Duración	Intensidad			
Wong et al., (2011)	131	A	EAC	EXP	Concurrente	12 semanas 3 v/ semana 45 minutos	40-55% del VO2 o 50% - 65% de la FC máx.	↓ CT ↓ TG ↓ LDL ↓ HDL	N/R	N/R
Roselló et al., (2001)	61	A	EAC	EXP	Concurrente	12 semanas 3 v/ semana 40 minutos	40-55% del VO2 o 50% - 65% de la FC máx.	↓ CT ↓ TG ↓ LDL ↓ HDL	N/R	N/R
Saghebjo et al., (2019)	40	H	EAC + O	EXP	HIIT	6 semanas 3 v/ semana 30 minutos	80-90% de la frecuencia cardiaca	↓ CT ↑ TG ↑ LDL ↓ HDL	N/R	N/R
Leggate et al., (2010)	11	H	EAC	EXP	HIIT	12 semana 4 v/ semana 48 minutos	90 % de la FC máx	N/R	N/R	↓ IL-6
Aikawa et al., (2015)	11	A	CR	EXP	Concurrente	6 meses 3 v/ semana 40 minutos	40-65% del VO2	↑ CT ↓ TG ↑ LDL ↑ HDL	↑ FE	N/R
Beckie et al., (2010)	91	M	EAC	EXP	Concurrente	12 semanas 3 v/ semana 35- 40 minutos	60-85% de la FC máx	N/R	N/R	↓ IL-6
Edwards et al., (2004)	18	H	EAC	EXP	HIIT	12 semanas 3 v/ semana 15- 50 minutos	40-50% - 70- 85% FC máx	N/R	↑ FE	N/R
Hambrecht et al., (2000)	19	A	EAC	EXP	HIIT	4 semanas 6 v/ por día 10 minutos	80% de la FC máx	N/R	↓ FE	N/R

Nota: (↑) aumento; (↓) disminución; A: ambos; H: Hombres; M: mujeres; EAC: enfermedad arterial coronaria; O: obesidad; CR: Cirugía revascularización; EXP: experimental; CT: colesterol total; TG: triglicéridos; HDL: lipoproteínas de alta densidad; LDL: lipoproteínas de baja densidad; FE: función endotelial; IL-6: Interleucina-6; N/R: no se relacionan; HIIT: High Intensity Interval Training.

Tabla 3

Resultados de los meta-análisis experimentales de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad y concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial de pacientes con enfermedad arterial.

	Tipo de Entrenamiento	n estudios	n sujetos	n TE	TE	IC 95%		Q (p)	I ²
						Inf	Sup		
Colesterol Total	Concurrente HIIT	4	243	4	0.00763	-0.512	0.527	15.237 (0.002)	92.57%
Triglicéridos	Concurrente HIIT	4	243	4	-0.128	-0.286	0.031	4.539 (0.209)	26.89%
LDL	Concurrente HIIT	4	243	4	-0.0650	-0.308	0.178	7.752 (0.051)	65.3%
HDL	Concurrente HIIT	4	243	4	-0.0478	-0.173	0.077	7.527 (0.057)	0.03%
IL-6	Concurrente HIIT	2	102	2	-0.240	-0.434	-0.047	0.003 (0.956)	0%
Función Endotelial	Concurrente HIIT	3	48	3	0.480	0.146	0.814	27.705 (0.001)	92.78%

TE: Tamaño de efecto IC: Intervalos de confianza I²: Homogeneidad.

Interpretación de los resultados del meta-análisis.

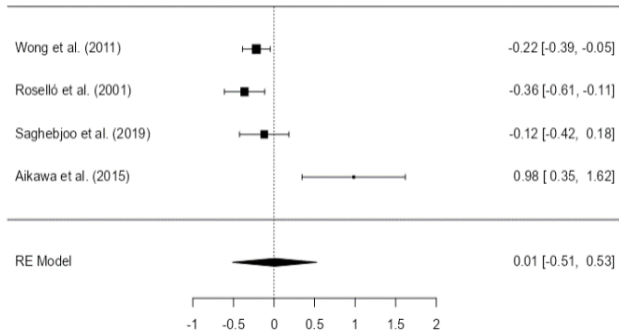
La realización de una comparación exhaustiva entre el HIIT y el entrenamiento concurrente se vio impedida debido a la limitada disponibilidad de información y a la ausencia de estudios que abordaran directamente la comparación entre estos dos métodos de entrenamiento. Ante esta carencia de evidencia, se optó por llevar a cabo un análisis detallado del efecto de ambos métodos de entrenamiento con relación a los biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial. Esta estrategia permitió profundizar en la comprensión de los efectos del ejercicio sobre los parámetros evaluados, aunque resalta la necesidad de futuras investigaciones que aborden específicamente la comparación entre el HIIT y el entrenamiento concurrente para proporcionar una base más sólida para la toma de decisiones en el ámbito del entrenamiento físico.

Con relación a las características metodológicas de los estudios incluidos, se observa que, en el caso del entrenamiento concurrente, la intensidad prescrita osciló entre el 40% y el 65% del VO₂máx y del 50% al 65% de la frecuencia cardiaca máxima. El volumen de entrenamiento fue de tres sesiones semanales, con una duración que varió de 6 semanas a 6 meses. Por otro lado, en el entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT), la intensidad se situó entre el 70% y el 90% de la frecuencia cardiaca máxima, con una frecuencia de entrenamiento de 3 a 6 veces por semana durante un período que abarcó de 4 a 12 semanas.

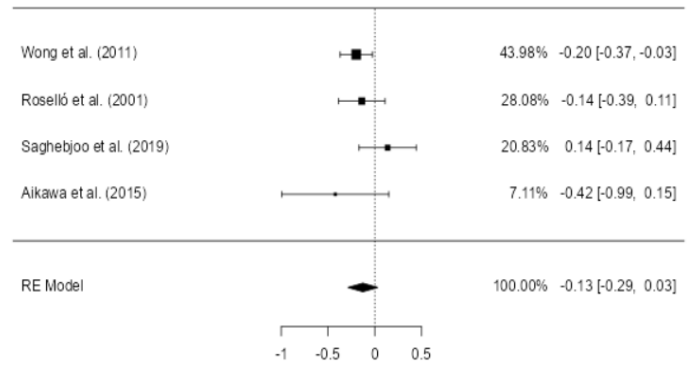
Figura 4

Gráfico de diagrama de bosque de los meta-análisis realizados en perfil de lípidos

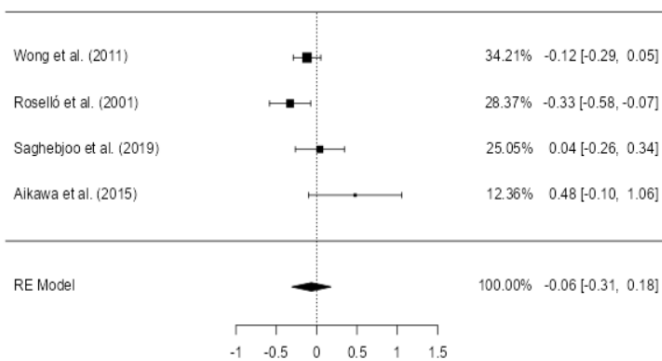
A. Colesterol total



B. Triglicéridos



C. Lipoproteínas de baja densidad



D. Lipoproteínas de alta densidad

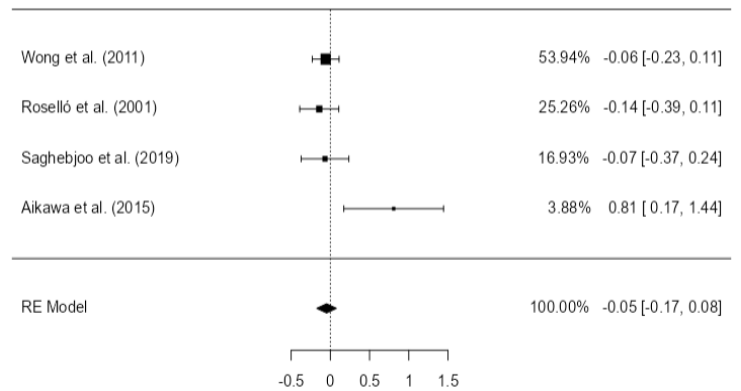


Figura 5

Gráfico de diagrama de bosque de los meta-análisis realizados en Interleucina 6

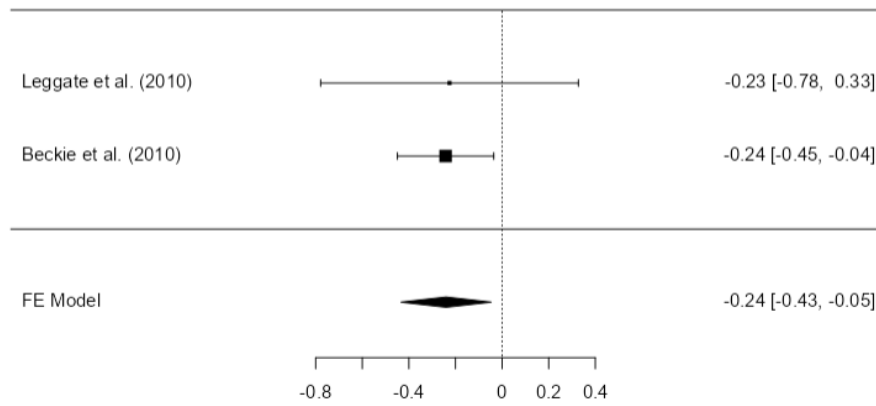


Figura 6

Gráfico de diagrama de bosque de los meta-análisis realizados en función endotelial

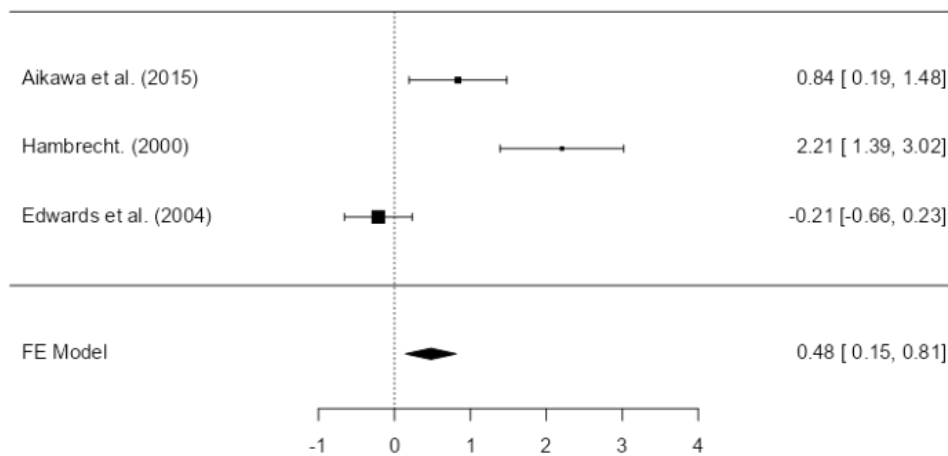


Tabla 4

Resumen de análisis de varianza análogo. Comparación de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT

Variable dependiente	Ejercicio	TE	N	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
Colesterol total	Concurrente	-0,22	3	-0,36	-0,08	0,30	1
	HIIT	-0,12	1	-0,43	0,19		
Triglicéridos	Concurrente	-0,19	3	-0,33	-0,05	3,57	1
	HIIT	0,14	1	-0,17	0,45		
LDL	Concurrente	-0,15	3	-0,29	-0,01	1,22	1
	HIIT	0,04	1	-0,27	0,35		
HDL	Concurrente	-0,05	3	-0,19	0,09	0,01	1
	HIIT	-0,07	1	-0,38	0,24		
IL-6	Concurrente	-0,24	1	-0,45	-0,04	---	1
	HIIT	-0,23	1	-0,78	0,33		
Función endotelial	Concurrente	0,84	1	0,14	1,53	1,39	1
	HIIT	0,35	2	-0,06	0,76		

Notas: Si $Qb > \chi^2$ (95% de confianza con “niveles” - 1 gl) implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre ellos). En ninguna de las variables dependientes hubo diferencia entre los tipos de ejercicio concurrente y HIIT (en todos los casos, tuvieron un $Qb < \chi^2=3,84$); TE= tamaño de efecto; n= cantidad de tamaños de efecto. Dada la baja cantidad de TE en cada tipo de ejercicio, se usó para los cálculos, la varianza sin corregir (modelo de efectos fijos) para estimar los intervalos de 95% de confianza (IC95%).

Según el análisis de varianza análogo (ver tabla 4), hay evidencia de que el ejercicio concurrente y el HIIT, podrían afectar de distinta forma a las variables meta-analizadas, pero la evidencia es escasa como para permitir un análisis que genere resultados más robustos. En general, el entrenamiento concurrente tuvo efectos en la disminución del colesterol total, los triglicéridos y el LDL, mientras que el HIIT no mostró efectos distintos de cero en ninguna de estas variables. En el HDL, ninguna metodología de entrenamiento tuvo efectos distintos de cero. En cuanto al IL-6, solo el entrenamiento concurrente tuvo efectos distintos a cero (solo 2 estudios). Y con respecto a la función endotelial, esta tuvo mejora con el entrenamiento concurrente (un solo estudio) a diferencia del HIIT.

Pese a lo mencionado, en ninguna de las variables dependientes hubo evidencia de diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de entrenamiento. Por tanto, debe promoverse más investigación experimental con estas formas de ejercicio.

Tabla 5

Resumen de análisis de varianza análogo. Meta-análisis de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT. Comparación de efectos según semanas de ejercicio

Variable dependiente	Semanas	TE	N	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
Colesterol total	6	0,05	2	-0,24	0,33	3,63	1
	12	-0,26	2	-0,41	-0,12		
Triglicéridos	6	0,02	2	-0,25	0,30	1,63	1
	12	-0,18	2	-0,32	-0,04		
LDL	6	0,13	2	-0,15	0,40	3,78	1
	12	-0,18	2	-0,33	-0,04		
HDL	6	0,08	2	-0,20	0,36	1,04	1
	12	-0,09	2	-0,23	0,06		
IL-6*	12	-0,24	2	-0,44	-0,04	---	---
	---	---	---	---	---		
Función endotelial**	4	2,21	1	0,14	1,53	---	---
	6	0,84	1	1,36	3,06		
	12	-0,21	1	-0,68	0,26		

Notas: Si $Qb > \chi^2$ (95% de confianza con “niveles” - 1 gl) implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre ellos). En ninguna de las variables dependientes hubo diferencia entre 6 y 12 semanas de ejercicio (en todos los casos, tuvieron un $Qb < \chi^2=3,84$); TE= tamaño de efecto; n= cantidad de tamaños de efecto. Dada la baja cantidad de TE en cada tipo de ejercicio, se usó para los cálculos, la varianza sin corregir (modelo de efectos fijos) para estimar los intervalos de 95% de confianza (IC95%). *En IL-6, los dos estudios que lo midieron tuvieron 12 semanas de ejercicio. **En función endotelial se corrió regresión de mínimos cuadrados ponderados (ver tabla 6).

En las variables de perfil de lípidos no hubo evidencia de que la cantidad de semanas del tratamiento tuviera un efecto moderador (ver tabla 5). Sin embargo, se denota una tendencia a obtenerse mejores resultados cuando el ejercicio se extiende a 12 semanas. Por tanto, se infiere que para observar mejoras en estas variables se deba hacer ejercicio al menos 12 semanas, pero la evidencia no es concluyente. Adicionalmente, no se encontró evidencia de

efecto moderador de la duración de las sesiones de ejercicio en los efectos del ejercicio en el perfil de lípidos (ver tabla 6).

Por el contrario, en la función endotelial (ver tabla 6), presentó un mejor efecto ejercitarse menos semanas y menos minutos por sesión, pero se debe tener cautela con estos resultados pues solo dos estudios tuvieron efecto de mejora en esta variable. Además, el estudio con más semanas de ejercicio (Edwards et al., 2004) no evidenció cambio en la función endotelial. Por tanto, la duración de las sesiones de ejercicio y las semanas de intervención pueden ser variables moderadoras del efecto del ejercicio en la función endotelial, pero con la evidencia disponible, no se puede llegar a una conclusión.

Tabla 6

Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta-análisis de efectos del ejercicio concurrente y el HIIT

Variable dependiente	Variable moderada	Beta no estandarizada	Error típico corregido	Intervalos de Confianza (95%)		Z*
				IC-	IC+	
Colesterol total	Sesión (min)	-0,006	0,012	-0,03	0,02	- 0,50
Triglicéridos	Sesión (min)	-0,021	0,012	-0,04	0,003	- 1,74
LDL	Sesión (min)	-0,009	0,012	-0,03	0,01	- 0,74
HDL	Sesión (min)	0,0002	0,012	-0,02	0,02	0,02
Función endotelial	Sesión (min)	-0,061	0,018	-0,10	-0,03	- 3,34
	Semanas	-0,251	0,053	-0,35	-0,15	- 4,77

Notas: VD= variable dependiente; Vm= variable moderadora continua. Z*= si el valor absoluto de Z>1,96 entonces la VM tiene efecto estadísticamente significativo al 95% de confianza. Se aplicó modelos de regresión simple.

La frecuencia semanal de ejercicio no se pudo examinar como posible variable moderadora debido a que fue prácticamente una constante pues en todos los estudios se hizo el ejercicio 3 veces por semana, salvo el caso de Leggate et al. (2010) en que se realizó ejercicio 4 veces por semana. Por otra parte, la función endotelial se analizó las semanas porque era la única variable que no tenía una constante ya que los estudios eran de 4, 12 semanas y 6 meses, mientras que los demás era de 4 a 12 semanas.

Capítulo V

DISCUSION

El propósito de esta investigación se fundamentó en analizar investigaciones previas para determinar el efecto del entrenamiento HIIT versus entrenamiento concurrente sobre biomarcadores inflamatorios, perfil de lípidos y función endotelial en pacientes con enfermedad arterial coronaria. El estudio comparativo entre el entrenamiento concurrente y el HIIT revela diferencias significativas en sus efectos sobre la EAC. Mientras que el entrenamiento concurrente muestra una notable disminución en el colesterol total, los triglicéridos y las lipoproteínas de baja densidad, además de un incremento en la función endotelial, el HIIT no parece tener ningún efecto medible en estas variables dependientes. Estos hallazgos sugieren que, si bien ambos tipos de ejercicio pueden ser efectivos para mejorar la condición física, el entrenamiento concurrente podría ser preferible para aquellos que buscan específicamente mejorar su perfil lipídico y la salud vascular.

La comparación de los métodos de entrenamiento se vio obstaculizada por la falta de disponibilidad de información pertinente. Sin embargo, se destacó un impacto significativo del ejercicio físico en la variable del colesterol total y la función endotelial, hallazgos que están en consonancia con la evidencia presentada por Abarzúa et al., (2019); He et al., (2022); Hosseini et al., (2020); Pérez et al.,(2021); Sanhueza et al., (2024); Sun et al., (2024); Turri et al., (2021); Vidal et al., (2016); Yun et al., (2023). Además, se identificó un estudio (Batacan et al., 2017), que indica que el ejercicio físico no contribuye a la reducción de los lípidos ni de los biomarcadores inflamatorios.

En el análisis de varianza análogo realizado para comparar las metodologías de entrenamiento concurrente y HIIT de manera individual, se observó que el entrenamiento concurrente produjo reducciones significativas en el colesterol total, los triglicéridos y las lipoproteínas de baja densidad, además de mejorar la función endotelial lo cual coincide con hallazgos previos mencionados por Annibalini et al., (2017); Antunes et al., (2013), (2015); Maaloul et al., (2023); Qiu et al., (2018); Rossi et al., (2017). Por otro lado, el HIIT no mostró alteraciones significativas en estas variables, esto concuerda con investigaciones anteriores referenciadas por Acosta, (2019); Batacan et al., (2017).

En a las lipoproteínas de alta densidad, ninguna de las metodologías de entrenamiento ni concurrente ni HIIT demostró cambios significativos en estas variables lo cual coincide con

(Domínguez et al., 2016; Ramirez et al., 2015; Recarey, 2021; Villanego et al., 2020). Contrario a las expectativas, estos resultados divergen de hallazgos previos, ya que indican que el ejercicio físico no muestra mejoría en los niveles de HDL (Aguayo y Flores, 2016; Aguilera, 2015; García, 2021; Valverde, 2022). Esta discrepancia resalta la complejidad de los efectos del ejercicio sobre los lípidos y sugiere la necesidad de una investigación adicional para comprender completamente los impactos de estos regímenes de entrenamiento en la salud cardiovascular.

En cuanto a la interleucina 6 presento cambios significativos en el método de entrenamiento concurrente mientras que en HIIT no, lo cual coincide con Cullen et al., (2016); Domínguez et al., (2016). A diferencia de lo que se esperaba, estos hallazgos discrepan de investigaciones anteriores al sugerir que el HIIT no conduce a mejoras en los niveles de interleucina 6 Cullen et al., (2016); Irandoust et al., (2022); Sasimontonkul y Sirivarasai, (2024). Esta diferencia subraya la complejidad de los efectos del HIIT en la interleucina 6 y enfatiza la importancia de realizar más investigaciones para entender completamente cómo estos programas de entrenamiento afectan la salud cardiovascular.

En relación con la cantidad de semanas, se presentó un efecto de mejoría cuando las intervenciones se realizaban 12 o más semanas, lo cual es congruente con lo que menciona Alfaro et al., (2018); Rajmil et al., (2017). Es importante considerar que estos estudios pueden diferir en la población objetivo y los métodos de entrenamiento empleados. Sin embargo, un hallazgo común es la necesidad de una duración mínima de intervención de al menos 12 semanas para observar efectos significativos o cambios notables en las variables medidas.

Esta evidencia sugiere que la duración del programa de entrenamiento puede ser un factor crucial para desencadenar adaptaciones fisiológicas significativas, además se destaca la tendencia de que, a mayor número de semanas de intervención, se observe un cambio más pronunciado en las variables evaluadas, lo que subraya la importancia de la consistencia y la persistencia en los programas de ejercicio para lograr resultados óptimos en la salud cardiovascular.

La evidencia directa que respalda la superioridad del entrenamiento concurrente sobre el HIIT es limitada, numerosos estudios indican que ambas metodologías ofrecen beneficios significativos para la salud cardiovascular y la condición física en general. Se ha demostrado que el HIIT mejoran el perfil lipídico, la función endotelial y los biomarcadores inflamatorios, lo que sugiere que puede ser una herramienta efectiva para mejorar la salud cardiovascular

(Becerra y Mojica, 2022; De Oliveira et al., 2021; He et al., 2022). Por otro lado, el entrenamiento concurrente, al combinar ejercicios de resistencia y de alta intensidad, también ha demostrado ser eficaz para mejorar el perfil lipídico, la función endotelial y los biomarcadores inflamatorios (Marcelo et al., 2021; Rossi et al., 2017; Trejos, 2022).

Dada la diversidad de adaptaciones fisiológicas inducidas por estas metodologías, la combinación de ambas en un programa de entrenamiento podría ofrecer beneficios sinérgicos, abordando de manera más completa los diversos aspectos de la salud cardiovascular y optimizando la respuesta adaptativa del cuerpo al ejercicio. En consecuencia, la inclusión de ambas metodologías en un régimen de entrenamiento bien diseñado puede ser una estrategia efectiva para promover la salud cardiovascular y la mejora el rendimiento físico de manera integral (Alvarez et al., 2021; McGregor et al., 2023).

La disparidad en los resultados entre el entrenamiento concurrente y el HIIT podría atribuirse en parte a las diferencias en la intensidad del ejercicio. Mientras que el entrenamiento concurrente se llevó a cabo en un rango de intensidad del 40 al 65% de la frecuencia cardíaca máxima (FC máx), el HIIT se realizó a un nivel considerablemente más alto, del 70 al 90% de la FC máx, esta diferencia en la intensidad podría haber influido en la capacidad del HIIT para producir cambios significativos en las variables medidas lo cual coincide con Acosta, (2019); Batacan et al., (2017). Aunque el HIIT se ha destacado por su eficacia en la mejora de la condición física en periodos cortos debido a su alta intensidad, es posible que en este contexto específico, la intensidad extrema haya superado los umbrales de adaptación fisiológica óptima para los marcadores de salud cardiovascular, en consecuencia, el cuerpo podría haber respondido de manera diferente, posiblemente limitando la capacidad del HIIT para inducir cambios beneficiosos en el perfil lipídico, función endotelial y biomarcadores inflamatorios específicamente en personas con EAC, por otra parte, los estudios incluidos no realizaron un control de alimentación lo cual pudo haber sido una contaminante en la investigación.

La diferencia de edad entre las metodologías podría haber influido significativamente en los resultados obtenidos, destacando el éxito del grupo concurrente sobre el de HIIT. Con una media de edad de 41.2 años en el grupo de HIIT y 60.5 años en el concurrente, se evidencia una disparidad generacional que posiblemente haya incidido en la constancia y disciplina demostradas en las sesiones de intervención (Gómez et al., 2015; Salgado, 2013). Las personas de mayor edad, generalmente, poseen una mayor experiencia en la vida, lo que conlleva a una mayor capacidad para comprometerse con actividades específicas. Este compromiso puede

estar arraigado en una mentalidad más enfocada en metas a largo plazo, una disposición a seguir instrucciones meticulosamente y una determinación inherente para superar obstáculos. Además, la acumulación de experiencias a lo largo de los años puede fortalecer la resiliencia y la perseverancia, características que son fundamentales en la adherencia a un programa de ejercicio físico como el concurrente. Por lo tanto, la diferencia de edad entre los grupos podría haber contribuido al mayor éxito del grupo concurrente, ya que las personas de mayor edad tienden a ser más constantes y disciplinadas en el cumplimiento de las sesiones de intervención.

Otro factor que pudo influir significativamente en los resultados divergentes entre las metodologías es la variable moderadora de las semanas de intervención, mientras que el grupo de HIIT implementó intervenciones que oscilaron entre 4 y 12 semanas, el grupo concurrente extendió sus sesiones desde 6 semanas hasta incluso 6 meses, aunque este último período solo se aplicó en un estudio específico. La diferencia en la duración de las intervenciones podría haber tenido un impacto significativo en los resultados observados, el período prolongado de intervención en el grupo concurrente podría haber permitido una adaptación más completa al programa de ejercicios, dando lugar a mejoras más sólidas y duraderas en comparación con las intervenciones más cortas del grupo de HIIT lo cual concuerda con (Fernández y De Paz, 2012; Patiño et al., 2013) que aunque sus investigaciones son de temas no relacionados con esta investigación concuerdan que para mayor tiempo de intervención mayores cambios positivos. Por otro lado Rojano y Vargas (2014) indican que para que haya un cambio significativo se necesita mínimo una intervención de 12 semanas lo cual concuerda con lo anteriormente explicado.

Un período extendido de intervención ofrece a los participantes la oportunidad de consolidar hábitos saludables de manera más efectiva y de superar los desafíos iniciales relacionados con la adherencia y la familiarización con el ejercicio. Esto se debe a que el tiempo adicional permite que los hábitos se internalicen profundamente en la rutina diaria de los individuos, lo cual es crucial para mantener un estilo de vida activo a largo plazo. Además, una intervención prolongada proporciona más oportunidades para que los participantes experimenten y comprendan completamente los beneficios del programa de ejercicios, ya que tienen más tiempo para adaptarse y notar los cambios positivos en su salud y bienestar. Por lo tanto, la duración de la intervención emerge como una variable crítica que puede haber contribuido significativamente al éxito del grupo concurrente, facilitando una exposición prolongada y más profunda a los efectos positivos del ejercicio físico regular.

La variable moderadora de la frecuencia semanal no parece haber sido un factor determinante en los resultados observados entre las metodologías de entrenamiento HIIT y concurrente. Ambos grupos implementaron programas que variaban en frecuencia semanal, con sesiones que iban desde 3 hasta 6 veces por semana. Dado que ambas metodologías trabajaron dentro de un rango similar de frecuencia semanal, no parece haber una disparidad significativa que pueda explicar las diferencias en los resultados entre los dos grupos, por lo tanto, en este contexto, la variable de frecuencia semanal no emerge como un factor importante que pueda haber perjudicado al entrenamiento HIIT en la obtención de resultados comparables con el grupo concurrente.

Los cambios significativos en los niveles de colesterol observados con ambas metodologías de entrenamiento, HIIT y concurrente, pueden explicarse desde una perspectiva fisiológica. El ejercicio físico regular, independientemente de la modalidad, tiene un impacto positivo en el perfil lipídico del individuo, durante el ejercicio, el cuerpo aumenta la demanda de energía, lo que lleva a una mayor utilización de los depósitos de grasa, incluidos los triglicéridos y el colesterol, como fuente de combustible. Además, el ejercicio aeróbico, como el concurrente, ha demostrado ser especialmente eficaz para aumentar los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL), conocidas como el "colesterol bueno", que transporta el colesterol desde los tejidos periféricos hacia el hígado para su eliminación (Anzola, 2021; Legaz y Martín, 2022; Prieto et al., 2019).

Por otro lado, el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) puede inducir adaptaciones metabólicas que mejoran la sensibilidad a la insulina y promueven la oxidación de ácidos grasos, lo que contribuye a la reducción de los niveles de triglicéridos y, en consecuencia, del colesterol total. Además, ambos tipos de entrenamiento pueden inducir cambios en la composición corporal, como la reducción de la grasa visceral, lo que también está asociado con mejoras en el perfil lipídico (Becerra y Mojica, 2022; De Oliveira et al., 2021; Valverde, 2022).

En resumen, los cambios observados en los niveles de colesterol con ambas metodologías de entrenamiento pueden atribuirse a una combinación de factores fisiológicos, incluida la utilización mejorada de los lípidos como fuente de energía, la modulación de la sensibilidad a la insulina y las adaptaciones en la composición corporal.

Los cambios significativos en la función endotelial observados con ambas metodologías de entrenamiento, HIIT y concurrente, pueden ser explicados desde una perspectiva fisiológica

que considera los efectos del ejercicio sobre el revestimiento interno de los vasos sanguíneos, conocido como endotelio. Durante el ejercicio, el aumento del flujo sanguíneo y la producción de óxido nítrico (ON) por parte del endotelio son fenómenos comunes, el HIIT, con sus ráfagas de actividad intensa seguidas de períodos de recuperación, provoca una fluctuación en la hemodinámica que puede estimular la producción de ON y mejorar la función endotelial, el HIIT promueve la liberación de factores angiogénicos y antiinflamatorios, que pueden mejorar la salud vascular y reducir el riesgo de disfunción endotelial (Chen et al., 2023; Varamenti et al., 2019).

Por otro lado, el entrenamiento concurrente, al combinar ejercicios aeróbicos y de contrarresistencia, puede inducir adaptaciones que benefician la función endotelial de múltiples maneras, el ejercicio aeróbico mejora la dilatación mediada por el flujo del endotelio, mientras que el ejercicio de contrarresistencia puede aumentar la producción de ON y mejorar la respuesta vascular, además, el entrenamiento concurrente puede tener efectos antiinflamatorios y antioxidantes que protegen al endotelio de daños y promueven su salud (He et al., 2022; Turri et al., 2021; Varamenti et al., 2019).

En conjunto, tanto el HIIT como el entrenamiento concurrente pueden inducir cambios significativos en la función endotelial mediante la mejora de la producción de ON, la regulación del tono vascular y la reducción de la inflamación, lo que contribuye a la salud y el funcionamiento óptimo del sistema cardiovascular.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

El entrenamiento concurrente presenta efectos positivos significativos en la mejora de los niveles de colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad, así como en el aumento de la función endotelial en pacientes con enfermedad arterial coronaria. Por otro lado, el HIIT no mostró beneficios significativos en ninguna de las variables evaluadas. Estos hallazgos subrayan la eficacia del ejercicio concurrente como una estrategia efectiva para mejorar la salud cardiovascular en esta población específica, mientras que señalan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor los efectos del HIIT en pacientes con enfermedades cardiovasculares.

Se destaca la limitada cantidad de investigaciones que abordan directamente la comparación entre el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) y el entrenamiento concurrente (EC), lo que ha obstaculizado la realización de un análisis meta-analítico exhaustivo de estas dos metodologías. Esta brecha en la literatura científica resalta la necesidad de estudios adicionales que exploren y comparen de manera más detallada los efectos de ambas modalidades de entrenamiento en diversas poblaciones y contextos clínicos. De esta manera, se podrá obtener una comprensión más completa de los beneficios y limitaciones de cada enfoque, lo que facilitará la toma de decisiones informadas en la prescripción de ejercicio para la mejora de la salud cardiovascular y el bienestar general.

Los hallazgos destacan una tendencia clara, a medida que se prolonga la duración de las intervenciones, se observaron mejoras más significativas en la variable de función endotelial. Sin embargo, es importante subrayar que esta asociación no garantiza resultados similares en todas las variables dependientes, para obtener una comprensión completa de cómo la duración de la intervención impacta en cada variable, es esencial llevar a cabo investigaciones adicionales.

En conclusión, las futuras investigaciones pueden desempeñar un papel crucial al proporcionar una comprensión más profunda de cómo la duración ideal de las intervenciones puede impactar los resultados de salud cardiovascular. Estos hallazgos tienen el potencial de transformar la práctica clínica y mejorar la efectividad de la prescripción de ejercicio, beneficiando así a pacientes y profesionales de la salud por igual.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

Para avanzar en el campo de la salud y el ejercicio, es crucial diseñar futuras intervenciones con enfoques experimentales que comparen diversos componentes metodológicos, como los tipos de ejercicio (aeróbico, fuerza, contrarresistencia), así como la manipulación de la duración, intensidad y frecuencia del ejercicio físico. Este enfoque multidimensional no solo enriquecerá la comprensión de cómo diferentes modalidades de ejercicio afectan variables clave de salud y rendimiento, sino que también fortalecerá las conclusiones al permitir una evaluación más precisa de los impactos relativos de cada componente. Además, tales estudios son fundamentales para consolidar la evidencia científica en apoyo a intervenciones específicas, facilitando la formulación de recomendaciones claras y efectivas para la promoción de la salud y la optimización del rendimiento físico en diversas poblaciones y contextos.

Es fundamental considerar una variedad de factores contextuales al analizar los datos de estudios sobre ejercicio físico, ya que estos pueden tener un impacto significativo en los resultados y conclusiones de los meta-análisis. Variables como la edad, el género, los niveles socioeconómicos, la alimentación, los estilos de vida y las profesiones pueden influir en la respuesta al ejercicio y modificar los efectos observados. Integrar estos factores en el análisis permitirá una evaluación más holística y precisa de cómo las intervenciones de ejercicio afectan diferentes grupos de población.

Es esencial promover investigaciones centradas en establecer relaciones de causa y efecto entre variables, ya que esto permitirá una comprensión más profunda de cómo los cambios en las variables independientes pueden afectar de manera positiva o negativa a los resultados. Al enfocarse en estudios que sigan diseños experimentales rigurosos, se puede controlar mejor las variables confusas y establecer conexiones claras entre las acciones tomadas y sus consecuencias.

Se recomienda que futuras investigaciones en el campo del ejercicio y la salud focalicen en la comparación detallada de los efectos del entrenamiento HIIT y concurrente mediante estudios controlados aleatorios. Es crucial explorar tanto los impactos a corto plazo como los efectos a largo plazo sobre parámetros fisiológicos, metabólicos y de rendimiento. Además, se sugiere investigar cómo diferentes variables moderadoras, como la duración del programa, la intensidad del ejercicio y las características específicas de los participantes, pueden influir en

los resultados obtenidos. Este enfoque no solo ampliará nuestra comprensión sobre los beneficios y limitaciones de cada modalidad de entrenamiento, sino que también proporcionará recomendaciones claras para diseñar programas de ejercicio más efectivos y personalizados, capaces de maximizar los beneficios para la salud de diferentes poblaciones y contextos.

Es esencial explorar cómo la duración extendida del entrenamiento podría influir en la mejora del rendimiento físico, la composición corporal y los marcadores de salud cardiovascular y metabólica en comparación con intervenciones más cortas, por lo cual se recomienda hacer investigaciones sobre más semanas versus menos semanas con el fin de determinar si esto es influye o no en los resultados de la investigación.

Realizar más investigaciones con métodos de entrenamiento de alta intensidad en pacientes con enfermedad arterial coronaria con el fin de conocer si esta metodología es o no beneficiosa y establecer si esta investigación es un caso aislado. Adicionalmente, se deben hacer estudios que analicen el componente de fatiga a la hora de realizar entrenamientos intensos en pacientes con enfermedades cardiovasculares, que a su vez normalmente no tiene mucha experiencia en ejercicio físico. También, plantear estudios longitudinales para conocer el efecto a largo plazo del HIIT en pacientes cardíacos.

REFERENCIAS

"Nota: se indican con asterisco (*) los estudios meta-analizados".

- AACVPR. (2019). Guidelines for Pulmonary Rehabilitation Programs. *Illinois, United States. Human Kinetics.*
- Abarzúa, J., Viloff, W., Bahamondes, J., Olivera, Y., Poblete, C., Herrera, T., Oliva, C., & García, D. F. (2019). Efectividad de ejercicio físico intervalado de alta intensidad en las mejoras del fitness cardiovascular, muscular y composición corporal en adolescentes: Una revisión. *Revista médica de Chile, 147(2)*, 221-230. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872019000200221>
- Acevedo, M., Kramer, V., Bustamante, M., Yáñez, F., Guidi, D., Corbalán, R., Godoy, I., Vergara, I., Jalil, J., & Fernández, M. (2013). Rehabilitación cardiovascular y ejercicio en prevención secundaria. *Revista médica de Chile, 141(10)*, 1307-1314. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013001000010>
- Acosta, E. (2019). *Perfil lipídico y composición corporal durante 12 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad, HIIT, contra entrenamiento continuo de moderada intensidad, MICT, en personas con sobrepeso.* [Instituto de Ciencias Biomédicas]. <https://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/11145>
- ACSM. (2014). ACSM Manual for Assessment of Health-Related Fitness. *Wolters Kluwer Health., 4th.*
- Aguayo, C., & Flores, I. (2016). Efectos del entrenamiento físico sobre la capacidad física y los marcadores de la inflamación crónica en personas mayores: Una revisión. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM, 17(2)*, 71-82. <https://www.redalyc.org/journal/5256/525664808007/525664808007.pdf>
- Aguilera, R. (2015). Ejercicio intervalado de alta intensidad como terapia para disminuir los factores de riesgo cardiovascular en personas con síndrome metabólico: Revisión sistemática con metaanálisis. *NUTRICION HOSPITALARIA, 6*, 2460-2471. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.6.9776>
- *Aikawa, P., Signori, L., Hauck, M., Pereira, A., Paulitsch, R., Silva, C., Peres, W., & Paulitsch, F. (2015). Efeitos do treinamento físico no endotélio após cirurgia de revascularização. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 21*, 467-471. <https://doi.org/10.1590/1517-869220152106149074>

- Alfaro, D., Salicetti, A., & Jiménez, J. (2018). Efecto del entrenamiento pliométrico en la fuerza explosiva en deportes colectivos: Un metaanálisis. *Pensar en Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 16(1). <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v16i1.27752>
- Alvarez, C., Ciolac, E. G., Guimarães, G. V., Andrade, D. C., Vasquez-Muñoz, M., Monsalves-Álvarez, M., Delgado-Floody, P., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. (2021). Residual Impact of Concurrent, Resistance, and High-Intensity Interval Training on Fasting Measures of Glucose Metabolism in Women With Insulin Resistance. *Frontiers in Physiology*, 12, 760206. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.760206>
- Álvarez, F., González, A., Gallestey, J., Greck, O., Dopico, R., Matos, J., & Sánchez, A. F. (2015). Proteína C reactiva y factores de riesgo clásicos en pacientes con enfermedad arterial coronaria estable. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 20(4), 217-225. <https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/21/30>
- American College of Sports Medicine. (2021). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio* (4ª ed.). Wolters Kluwer.
- Annibalini, G., Lucertini, F., Agostini, D., Vallorani, L., Gioacchini, A., Barbieri, E., Guescini, M., Casadei, L., Passalia, A., Del Sal, M., Piccoli, G., Andreani, M., Federici, A., & Stocchi, V. (2017). Concurrent Aerobic and Resistance Training Has Anti-Inflammatory Effects and Increases Both Plasma and Leukocyte Levels of IGF-1 in Late Middle-Aged Type 2 Diabetic Patients. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 3937842. <https://doi.org/10.1155/2017/3937842>
- Antunes, B., Christofaro, D., Monteiro, P. A., Silveira, L., Fernandes, R., Mota, J., & Freitas, I. (2015). Effect of concurrent training on gender-specific biochemical variables and adiposity in obese adolescents. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 59(4), 303-309. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000095>
- Antunes, B., Monteiro, P., Silveira, L., Cayres, S., Silva, C., & Forte, I. (2013). Effect of concurrent training on risk factors and hepatic steatosis in obese adolescents. *Revista Paulista De Pediatria: Orgao Oficial Da Sociedade De Pediatria De Sao Paulo*, 31(3), 371-376. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822013000300015>
- Anzola, F. (2021). Efectos del Entrenamiento Concurrente sobre el perfil antropométrico en docentes con sobrepeso grado I. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 100. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/0f70ce3b-ce75-4e07-92d4-39bec8b30c9f/content>

- Atashak, S., Stannard, S., & Azizbeigi, K. (2016). Cardiovascular risk factors adaptation to concurrent training in overweight sedentary middle-aged men. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56, 624-630. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27285351/>
- Ávila, J. C., Hurtado, H., Benavides, V., & Betancourt, J. (2019). Ejercicio aeróbico en pacientes con falla cardíaca con y sin disfunción ventricular en un programa de rehabilitación cardíaca. *Revista Colombiana de Cardiología*, 26(3), 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2018.04.007>
- Batacan, R., Duncan, M., Dalbo, V., Tucker, P., & Fenning, A. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 494-503. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841>
- Becerra, N., & Mojica, Y. (2022). Papel del ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT) en los programas de rehabilitación cardíaca. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, 32(2), Article 2. <https://doi.org/10.28957/rcmfr.357>
- *Beckie, M., Beckstead, W., & Groer, W. (2010). The influence of cardiac rehabilitation on inflammation and metabolic syndrome in women with coronary heart disease. *The Journal of Cardiovascular Nursing*, 25(1), 52-60. <https://doi.org/10.1097/JCN.0b013e3181b7e500>
- Bizzozero, B., & Díaz, V. (2021). Programas de ejercicio físico en pacientes con enfermedad de las arterias coronarias y/o infarto de miocardio: Una revisión de revisiones sistemáticas. *REVISTA ARGENTINA DE CARDIOLOGÍA*, 89. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-37482021000600539
- Botella, J., & Zamora, Á. (2017). EL META-ANÁLISIS: UNA METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN. *Educación XXI*, 20(2). <https://doi.org/10.5944/educxx1.19030>
- Bruning, R., & Sturek, M. (2015). Benefits of exercise training on coronary blood flow in coronary artery disease patients. *Progress in cardiovascular diseases*, 57(5), 443-453. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2014.10.006>
- Cano De La Cuerda, R., Alguacil, I., Alonso, J., Molero, A., & Miangolarra, J. (2012). Programas de rehabilitación cardíaca y calidad de vida relacionada con la salud. Situación actual. *Revista Española de Cardiología*, 65(1), 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.07.016>

- Carranza, J. (2017). Triglicéridos y riesgo cardiovascular. *Medicina interna de México*, 33(4), 511-514. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-48662017000400511&script=sci_arttext
- Carvajal, C. (2015). LDL oxidada y aterosclerosis. *Medicina Legal de Costa Rica*, 32, 161-169. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152015000100020
- Carvajal, C. (2017). El endotelio: Estructura, función y disfunción endotelial. *Medicina Legal de Costa Rica*, 34, 90-100. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000200090
- Cervantes, C. A. (2020). Tendencia e impacto de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en México, 1990-2015. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45, e1081. https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662019000400006
- Cetin, A., Sen, A., Cetin, I., Çimen, B., Cimen, L., Savas, G., Öztürk, A., & Koker, M. Y. (2018). Comparison of ELISA and flow cytometry for measurement of interleukin-1 beta, interleukin-6 and tumor necrosis factor- α . *Turkish Journal of Biochemistry*, 43(5), 540-548. <https://doi.org/10.1515/tjb-2017-0164>
- Chen, S., Zhou, K., Shang, H., Du, M., Wu, L., & Chen, Y. (2023). Effects of concurrent aerobic and resistance training on vascular health in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1216962. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1216962>
- Civeira, F., & Burillo, E. (2012). *Colesterol HDL bajo o hipofunción HDL* [Dataset]. https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/SALUD_10/Medicina/68.pdf
- Cobos, L. (2014). Endotelio e hipertensión arterial. *Anales de la Facultad de Medicina*, 75(4), 345-350. <https://doi.org/10.15381/anales.v75i4.10854>
- Contreras, M., Contreras, J., Gómez, A., Cruz, J., & Rodea, S. (2012). Homocisteína (HCY), ácido úrico y su relación con c-HDL en pacientes con enfermedad coronaria. *Revista mexicana de cardiología*, 23(2)(58-63). <https://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2012/h122c.pdf>
- Cordero, A., Moreno, J., & Masia, D. (2012). Las concentraciones bajas de colesterol unido a las lipoproteínas de alta densidad se asocian de manera independiente a enfermedad coronaria aguda en pacientes que ingresan por dolor torácico. *Revista Española de Cardiología*, 65 (4)(319-325). <https://www.revespcardiol.org/es-las-concentraciones-bajas-colesterol-unido-articulo-S0300893211007317>

- Cullen, T., Thomas, A., Webb, R., & Hughes, M. (2016). Interleukin-6 and associated cytokine responses to an acute bout of high-intensity interval exercise: The effect of exercise intensity and volume. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 41(8), 803-808. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0640>
- Da Silva, M., Baptista, L., Neves, R. S., De França, E., Loureiro, H., Lira, F., Caperuto, E., Veríssimo, M., & Martins, R. (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. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00572>
- Da Silva, M., França, E., Baptista, L., Neves, R., Loureiro, H., Caperuto, E., Veríssimo, M., & Martins, R. (2022). Combinación de diferentes métodos de entrenamiento concurrentes en ancianos con síndrome metabólico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 28, 267-273. <https://www.scielo.br/j/rbme/a/XxbsvHXnJ9kbNLqdYQLv6zG/>
- Dattoli, C., Jackson, C., Gallardo, A., Gopar, R., Araiza, D., & Arias, A. (2021). [Infarto agudo de miocardio: Revisión sobre factores de riesgo, etiología, hallazgos angiográficos y desenlaces en pacientes jóvenes]. *Archivos De Cardiologia De Mexico*, 91(4), 485-492. <https://doi.org/10.24875/ACM.20000386>
- De Oliveira, S., Castro, A., Sardeli, A., Cavaglieri, C., & Chacon, M. (2021). HIIT vs. SIT: What Is the Better to Improve V'O₂max? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13120. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413120>
- Dibben, G., Faulkner, J., Oldridge, N., Rees, K., Thompson, D., Zwisler, A., & Taylor, R. (2021). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(11), CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub4>
- Domínguez, R., Garnacho, M., & Maté, J. (2016). Efectos del entrenamiento contra resistencias o resistance training en diversas patologías. *Nutrición Hospitalaria*, 33(3), 719-733. <https://doi.org/10.20960/nh.284>
- *Edwards, D., Schofield, R., Lennon, S., Pierce, G., Nichols, W., & Braith, R. (2004). Effect of exercise training on endothelial function in men with coronary artery disease. *The American Journal of Cardiology*, 93(5), 617-620. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2003.11.032>

- Estrada, C., & Vargas, F. (2012). Enfermedad arterial coronaria e indicaciones para revascularización coronaria. . . *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 69(604), 551-557. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2012/rmc125t.pdf>
- Fernández, J., & De Paz, J. (2012). CÁNCER DE MAMA Y EJERCICIO FÍSICO: REVISIÓN. *Hacia la Promoción de la Salud*, 17(1), 135-153. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-75772012000100010&script=sci_arttext
- Ferreira, I. (2014). Epidemiología de la enfermedad coronaria. *Revista Española de Cardiología*, 67(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2013.10.003>
- Flammer, A., Anderson, T., Celermajer, D., Creager, M., Deanfield, J., Ganz, P., Hamburg, N., Lüscher, T., Shechter, M., Taddei, S., Vita, J., & Lerman, A. (2012). The Assessment of Endothelial Function. *Circulation*, 126(6), 753-767. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.112.093245>
- García, A. (2019). Revisión Sistemática sobre cómo afecta el Entrenamiento de Alta Intensidad o HIT en personas con sobrepeso u obesidad. *Revista argentina de cardiología*. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/91114/1/154_45970798-GARCIA%20GONZALEZ%2C%20ALBERTO.pdf?sequence=1
- García, J. (2021). *Efectos del ejercicio aeróbico sobre la fatiga y los biomarcadores inflamatorios en supervivientes de cáncer de mama. Una revisión sistemática*. 28. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/131328/L%C3%B3pez%20Garc%C3%ADa%2C%20Jaime.pdf?sequence=1>
- García, P., Elvar, H., Campillos, A., Grigoletto, S., & Del Rosso. (2016). *Entrenamiento Concurrente de Fuerza y Resistencia: Una Revisión Narrativa*. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). <https://g-se.com/entrenamiento-concurrente-de-fuerza-y-resistencia-una-revision-narrativa-2070-sa-a57cfb27276a24>
- Gielen, S., Laughlin, H., O'Conner, C., & Duncker, D. (2015). Exercise training in patients with heart disease: Review of beneficial effects and clinical recommendations. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 57(4), 347-355. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2014.10.001>
- Godo, S., & Shimokawa, H. (2017). Endothelial Functions. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 37(9), e108-e114. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.117.309813>
- Gómez, M., Granero, A., Baena, A., Amador, C. B., & Quero, P. (2015). *Efectos de Interacción de Sexo y Práctica de Ejercicio Físico sobre las Estrategias para la Disciplina*,

- Gripp, F., Nava, R., Cassilhas, R., Esteves, E., Magalhães, C. O., Dias, M., de Castro, F., & Amorim, F. (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>
- Grover, S., Mohammed, K., Rempel, P., Joseph, L., Dawes, M., Lau, D., & Ilka Lowensteyn. (2015). Years of life lost and healthy life-years lost from diabetes and cardiovascular disease in overweight and obese people: A modelling study. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, *3*. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70229-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70229-3)
- *Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S., Schoene, N., & Schuler, G. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *The New England Journal of Medicine*, *342*(7), 454-460. <https://doi.org/10.1056/NEJM200002173420702>
- He, H., Wang, C., Chen, X., Sun, X., Wang, Y., Yang, J., & Wang, F. (2022). The effects of HIIT compared to MICT on endothelial function and hemodynamics in postmenopausal females. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *25*(5), 364-371. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.01.007>
- Hosseini, Z., Ghaedi, H., Ahmadi, M., & Hosseini, S. A. (2020). Lipid-Lowering Effects of Concurrent Training and Green Tea Consumption in Overweight Women. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, *29*(4), 313-319. <https://doi.org/10.7570/jomes20023>
- Huerta, Á., Galdames, S., Cataldo Guerra, M., Barahona, G., Rozas, T., & Cáceres, P. (2017). Efectos de un entrenamiento intervalado de alta intensidad en la capacidad aeróbica de adolescentes. *Revista médica de Chile*, *145*(8), 972-979. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872017000800972>
- Irandoost, K., Hamzehloo, A., Youzbashi, L., Taheri, M., & Ben Saad, H. (2022). High intensity interval training and L-Arginine supplementation decrease interleukin-6 levels in adult trained males. *La Tunisie Medicale*, *100*(10), 696-705. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36571754/>
- Jiménez, J., & Salazar, W. (2016). *El metaanálisis: Guía práctica para el investigador. Manuscrito no publicado.*
- Kevorkian, R., Carlevaro, O., Puerta, L., Dionisio, G., Etcheverry, C., Blanco, P., De Candido, L., Maffeo, H., D'Alessandro, C., & Centeno, S. (2015). Predictores de arterias coronarias angiográficamente normales en pacientes estables con sospecha de

- enfermedad coronaria. *Revista Argentina de Cardiología*, 83(1), 28-34. <https://doi.org/10.7775/rac.v83.i1.4856>
- Khera, A., & Kathiresan, S. (2017). Genetics of coronary artery disease: Discovery, biology and clinical translation. *Nature Reviews. Genetics*, 18(6), 331-344. <https://doi.org/10.1038/nrg.2016.160>
- Lago, O., Martínez, M., Ferreiro, J. L., Ledesma, M. C., Duarte, K., & Ferreiro, O. (2022). Prevalencia de la hipertensión arterial y sus factores de riesgo en Pinar del Río. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2, 149. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2022149>
- Legaz, A., & Martín, S. (2022). Valoración del riesgo cardiovascular en personas con esquizofrenia antes y después de un programa de ejercicio físico concurrente. *FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 30. https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/60883/TFG_Hermoso.pdf?sequence=1
- *Leggate, M., Nowell, M., Jones, S., & Nimmo, M. (2010). The response of interleukin-6 and soluble interleukin-6 receptor isoforms following intermittent high intensity and continuous moderate intensity cycling. *Cell stress & chaperones*, 15, 827-833. <https://doi.org/10.1007/s12192-010-0192-z>
- López, Á., Manzano, S., Lip, G., Casas, T., Sánchez, M., Mateo, A., Pérez, P., Martínez, J., Hernández, D., Romero, A., Valdés, M., & Marín, F. (2013). Interleucina 6 y proteína C reactiva ultrasensible para la predicción de la evolución clínica en síndromes coronarios agudos sin elevación del segmento ST. *Revista Española de Cardiología*, 66(3), 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2012.07.027>
- Maaloul, R., Marzougui, H., Ben, I., Ghroubi, S., Tagougui, S., Kallel, C., Driss, T., Elleuch, M. H., Ayadi, F., Turki, M., & Hammouda, O. (2023). Effectiveness of Ramadan diurnal intermittent fasting and concurrent training in the management of obesity: Is the combination worth the weight? *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 33(3), 659-666. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.12.004>
- Madrigal, J. (2017). Triglicéridos y riesgo cardiovascular. *Medicina interna de México*, 33(4), 511-514. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0186-48662017000400511&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Malakar, A., Choudhury, D., Halder, B., Paul, P., Uddin, A., & Chakraborty, S. (2019). A review on coronary artery disease, its risk factors, and therapeutics. *Journal of Cellular Physiology*, 234(10), 16812-16823. <https://doi.org/10.1002/jcp.28350>

- Marcelo, H., Aleixo, P., Da-Silva, R., Pacagnelli, F., Da-Silva, R., Camargo, J., Zanuto, E., & Castoldi, R. (2021). Efectos del Entrenamiento Concurrente y el Ayuno Intermitente sobre los Parámetros Estructurales, Funcionales y Morfológicos del Corazón. *International Journal of Morphology*, 39(4), 1190-1199. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022021000401190>
- Márquez, S., Portero, R., González, V., Sánchez, M. R., Hidalgo, I., & Rami, J. (2017). Implantación y características de los programas de rehabilitación cardíaca en el Sistema Nacional de Salud español. *Revista española de cardiología*, 56(8)(775-782). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300893203769565>
- McGregor, G., Powell, R., Begg, B., Birkett, S., Nichols, S., Ennis, S., McGuire, S., Prosser, J., Fiassam, O., Hee, S. W., Hamborg, T., Banerjee, P., Hartfiel, N., Charles, J., Edwards, R. T., Drane, A., Ali, D., Osman, F., He, H., ... Shave, R. (2023). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: A multi-centre randomized controlled trial. *European Journal of Preventive Cardiology*, 30(9), 745-755. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad039>
- Nieto, O., & García, D. (2013). Efecto del ejercicio en subpoblaciones de lipoproteínas de alta densidad y en la presión arterial. *REVISTA DE SALUD PÚBLICA*, 12(12-22). <https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2013.v15n1/12-22>
- Núñez, M. (2020). ENTRENAMIENTO CONCURRENTE: Una alternativa para la Salud y la Composición Corporal. *PRODEP Academy*. <https://prodep.cl/blog/articulos-entrenamiento-concurrente/>
- OMS. (2020). *Enfermedades cardiovasculares* [Organización Mundial de la Salud.]. <https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases>
- Patiño, F., Márquez, J., Uscátegui, R., Estrada, A., Agudelo, G., Manjarrés, L., Parra, B., Parra, M., Bedoya, G., & Velásquez, C. (2013). Efecto de una intervención con ejercicio físico y orientación nutricional sobre componentes del síndrome metabólico en jóvenes con exceso de peso. *Iatreia*, 26(1), 34-43. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-07932013000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Peña, G., Heredia, J., Segarra, V., Mata, F., Isidro, F., Martín, F., & Da Silva, M. (2013). Generalidades del 'HIT' aplicado a esfuerzos cardiovasculares en los programas de salud y fitness. *EFDeportes. Revista Digital. Buenos Aires*, 18, 183. <https://www.efdeportes.com/efd183/hit-aplicado-a-esfuerzos-cardiovasculares.htm>

- Pérez, T., García, D., Martos, Á., Nieto, S., Del Campo, T., Pérez, M., & San Juan, A. (2021). Effects of an Eight-Week Concurrent Training Program with Different Effort Character over Physical Fitness, Health-Related Quality of Life, and Lipid Profile among Hospital Workers: Preliminary Results. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9328. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179328>
- Peroni, B., & Goñi, D. (2019). *Effects of Interval Training vs Continuous Training on Left Ventricular Ejection Fraction in Patients with Heart Failure: A Review of Systematic Reviews and Meta-Analysis*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7030414>
- Peroni, B., & Goñi, V. (2020). Efectos del entrenamiento aeróbico y de fuerza combinados vs entrenamiento aeróbico sobre capacidad aeróbica y fuerza muscular en pacientes con enfermedad de las arterias coronarias. *Revista Ciencias de la Actividad Física*, 21(1), 1-17. <https://www.redalyc.org/journal/5256/525661706002/html/>
- Petré, H., Löfving, P., & Psilander, N. (2018). The Effect of Two Different Concurrent Training Programs on Strength and Power Gains in Highly-Trained Individuals. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(2), 167-173. <https://europepmc.org/article/med/29769816>
- Pineda, A., Lara, J., Gonzalez, A., Lastra, V., Arteaga, R., & Pineda, J. (2021). Seguridad y mayor tolerancia al esfuerzo con entrenamiento interválico en comparación con el entrenamiento de intensidad moderada continua en cardiópatas de riesgo cardiovascular muy alto. *Archivos de cardiología de México*, 91(2)(178-185). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-99402021000200178&script=sci_arttext
- Poredos, P., & Jezovnik, M. K. (2013). Testing endothelial function and its clinical relevance. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 20(1), 1-8. <https://doi.org/10.5551/jat.14340>
- Prieto, P., Sagat, P., Ben, M., & Sedlacek, J. (2019). Análisis de la veracidad de determinadas creencias asociadas habitualmente al entrenamiento de fuerza. Una revisión narrativa (Analysis of the veracity of certain beliefs frequently associated to resistance training. A narrative review). *Retos*, 38, 773-781. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.69739>
- Qiu, S., Cai, X., Yin, H., Sun, Z., Zügel, M., Steinacker, J. M., & Schumann, U. (2018). Exercise training and endothelial function in patients with type 2 diabetes: A meta-analysis. *Cardiovascular Diabetology*, 17(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12933-018-0711-2>

- Querales, M., Cruces, M., Sánchez, C., Querales, M., Rojas, S., & Sánchez, L. (2012). Medida del colesterol de lipoproteínas de baja densidad utilizando tres metodologías. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 46(31-38). <https://www.redalyc.org/pdf/535/53522610005.pdf>
- Rajmil, L., Bel, J., Clofent, R., Cabezas, C., Castell, C., & Espallargues, M. (2017). Intervenciones clínicas en sobrepeso y obesidad: Revisión sistemática de la literatura 2009-2014. *Anales de Pediatría*, 86(4), 197-212. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2016.03.012>
- Ramirez, J., Chaparro, D., Leon, H., & Salazar, J. (2015). Effects of physical exercise on cardiovascular risk factors of elderly people: Systematic review. *Rehabilitación*, 49, 240. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2015.07.004>
- Ramos, G. (2010). Aspectos relevantes de la enfermedad arterial coronaria en candidatos a la cirugía no cardíaca. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, 60, 662-665. <https://doi.org/10.1590/S0034-70942010000600013>
- Ramos, J., Dalleck, L., Tjonna, A., Beetham, K., & Coombes, J. (2015). The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(5), 679-692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0321-z>
- Recarey, A. (2021). *Efecto del ejercicio físico sobre la inflamación en adultos mayores hospitalizados en unidad de agudos* [Universidad Pública de Navarra]. <https://doi.org/10.48035/Tesis/2454/39685>
- Rivas, E., Barrera, J. D., Fernández, S., Rodríguez, S., & García, K. (2013). Programa cubano de rehabilitación cardíaca. Resultados. *Rehabilitación (Madr)*, 47, 245-248. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2013.07.003>
- Rodríguez, Á., Moreno, E., Espinosa, A., & Yanchapaxi, K. (2021). Método HITT: Una herramienta para el fortalecimiento de la condición física en adolescentes. *Revista Conecta Libertad ISSN 2661-6904*, 5(1), Article 1.
- Rojano, D., & Vargas, G. (2014). Efectos de una dieta hipocalórica y de un programa de ejercicio físico de corta duración en el perfil lipídico y en la composición corporal de mujeres menopáusicas con sobrepeso. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 7(3), 95-100. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70069-3](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70069-3)
- *Roselló, M., Guzmán, S., & Bolaños, M. (2001). Efecto de un programa de rehabilitación cardíaca en la alimentación, peso corporal, perfil lipídico y ejercicio físico de pacientes con enfermedad coronaria. *Revista Costarricense de Cardiología*, 3, 15-20.

- Rossi, F., Diniz, T., Neves, L., Fortaleza, A., Gerosa, J., Inoue, D., Buonani, C., Cholewa, J., Lira, F., & Freitas, I. (2017). The beneficial effects of aerobic and concurrent training on metabolic profile and body composition after detraining: A 1-year follow-up in postmenopausal women. *European Journal of Clinical Nutrition*, *71*(5), 638-645. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.263>
- Saavedra, O., Sánchez, I., Sánchez, J., Reyes, G., & Bolaina, E. (2012). Colesterol: Función biológica e implicaciones médicas. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, *43*(2), 7-22. <https://scielo.org.mx/pdf/rmcf/v43n2/v43n2a2.pdf>
- *Saghebjo, M., Farrokhi, M., Hedayati, M., & Sadeghi, S. (2019). The effect of high-intensity interval training and L-arginine supplementation on the serum levels of adiponectin and lipid profile in overweight and obese young men. *Obesity Medicine*, *16*, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2019.100139>
- Salgado, E. (2013). Percepción sobre la tercera edad en estudiantes de primer nivel de la Facultad de Psicología de ULACIT y su relación con el desarrollo de competencias profesionales para el trabajo con adultos mayores. *Revista Rhombus, ULACIT, Vol. 10*, 1-30. https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Salgado-Garcia/publication/235256387_Percepcion_sobre_la_tercera_edad_en_estudiantes_de_primer_nivel_de_la_Facultad_de_Psicologia_de_ULACIT_y_su_relacion_con_el_desarrollo_de_competencias_profesionales_para_el_trabajo_con_adultos_mayores/link/s/0fcfd510aa7f7aa791000000/Percepcion-sobre-la-tercera-edad-en-estudiantes-de-primer-nivel-de-la-Facultad-de-Psicologia-de-ULACIT-y-su-relacion-con-el-desarrollo-de-competencias-profesionales-para-el-trabajo-con-adultos-mayores.pdf
- Sánchez, S., Pedraza, I., & Donoso, M. (2022). ¿Cómo hacer una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA?: Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo a través de un caso práctico. *Bordón: Revista de pedagogía*, *74*(3), 51-66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8583045>
- Sanhueza, V., Hermosilla, F., Reyes, T., & Gómez, N. (2024). Effect of physical exercise on cardiometabolic risk factors in preadolescents and adolescents with severe obesity: A systematic review. *Retos*, *56*, 248-257. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.103920>
- Sarre, D., Cabrera, R., Rodríguez, F., & Díaz, E. (2018). Enfermedad cardiovascular aterosclerótica. Revisión de las escalas de riesgo y edad cardiovascular. *Medicina interna de México*, *34*(6), 910-923. <https://doi.org/10.24245/mim.v34i6.2136>
- Sasimontongkul, S., & Sirivarasai, J. (2024). The 40-min HIIT acutely induced bone formation which was likely through the increases in muscle derived interleukin 6 and adiponectin

- activation: The 16 weeks of HIIT intervention, longitudinal randomized controlled trial. *Bone*, 184, 117105. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2024.117105>
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., & Petticrew, M. (2015). Ítems de referencia para publicar Protocolos de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: Declaración PRISMA-P 2015. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(2), 148-160. <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.20.2.223>
- Smart, N., 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>
- Snowden, S., Korosi, A., de Rooij, S., & Koulman, A. (2020). Combining lipidomics and machine learning to measure clinical lipids in dried blood spots. *Metabolomics: Official Journal of the Metabolomic Society*, 16(8), 83. <https://doi.org/10.1007/s11306-020-01703-0>
- Sun, Y., Lu, B., Su, W., Song, X., Shang, X., Zheng, J., Wang, J., & Yun, H. (2024). Comprehensive assessment of the effects of concurrent strength and endurance training on lipid profile, glycemic control, and insulin resistance in type 2 diabetes: A meta-analysis. *Medicine*, 103(12), e37494. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037494>
- Trejos, J. A. (2022). Ejercicio aeróbico versus concurrente sobre la interleucina-6 en pacientes con enfermedad arterial coronaria: Una revisión sistemática. *MHSalud*, 19(1), 55-70. <https://doi.org/10.15359/mhs.19-1.5>
- Turchin, I., & Bourcier, M. (2022). The Role of Interleukins in the Pathogenesis of Dermatological Immune-Mediated Diseases. *Advances in Therapy*, 39(10), 4474-4508. <https://doi.org/10.1007/s12325-022-02241-y>
- Turri, N., Vale, A., Verboven, K., Quaglioti, J. L., Hansen, D., & Cipriano, G. (2021). High-intensity interval training versus progressive high-intensity circuit resistance training on endothelial function and cardiorespiratory fitness in heart failure: A preliminary randomized controlled trial. *PloS One*, 16(10), e0257607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257607>
- Valerio, M. (2016). Factores de riesgo de consumo de tabaco y nivel de conocimiento de los adolescentes sobre enfermedades cardiovasculares. *Institución Educativa Mariscal Andres Avelino Caceres*. <https://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/20.500.14308/1220>

- Valverde, P. (2022). *Efectos crónicos de los ejercicios interválicos de alta intensidad (HIIT) sobre la grasa corporal y colesterol en sangre en personas adultas: UN METAANÁLISIS*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/25160>
- Varamenti, E., Cherif, A., Nikolovski, Z., Tabben, M., Jamurtas, A., & Cardinale, M. (2019). Exploring possible relationships between 25(OH)D deficiency and variables related to inflammation, endothelial function, and enzymatic antioxidants in adolescent athletes: A prospective study. *Biology of Sport*, 36(2), 113-118. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2019.81112>
- Veloza, L., Jiménez, C., Quiñones, D., Polanía, F., Pachon, L., & Rodriguez, C. (2019). Variabilidad de la frecuencia cardiaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares. *Revista Colombiana de Cardiología*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.01.006>
- Vidal, D., Valero, A., & Sánchez, B. (2016). Efectos del Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad en Corredores. Revisión Sistemática. *Revisión Sistemática. Journal Revista de Entrenamiento Deportivo*, 3 (1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6299953>
- Villanego, F., Naranjo, J., Vigarra, L., Cazorla, J., Montero, M., García, T., Torrado, J., & Mazuecos, A. (2020). Impacto del ejercicio físico en pacientes con enfermedad renal crónica: Revisión sistemática y metaanálisis. *Nefrología*, 40(3), 237-252. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.01.002>
- *Wong, M., García, M., García, A., & Carrillo, S. (2011). Resultados del Programa de Rehabilitación Cardíaca Fase II, desarrollado por el Centro Nacional de Rehabilitación, Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*, 53, 188-193. <https://www.redalyc.org/pdf/434/43421508006.pdf>
- 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>
- Yun, H., Su, W., Zhao, H., Li, H., Wang, Z., Cui, X., Xi, C., Gao, R., Sun, Y., & Liu, C. (2023). Effects of different exercise modalities on lipid profile in the elderly population: A meta-analysis. *Medicine*, 102(29), e33854. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000033854>