



## Impacto del ejercicio físico en la adiposopatía: revisión sistemática

*Impact of physical exercise on adiposity: a systematic review*

### Autores

Eduardo Cruzat Bravo<sup>1</sup>  
Mauricio Tauda Tauda<sup>2</sup>  
Rocío Bustos Barahona<sup>3</sup>  
Yoselyn Reyes Sanchez<sup>4</sup>  
David Ergas Schleeff<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Universidad Santo Tomas  
Valdivia (Chile)

Autor de correspondencia:  
Mauricio Tauda  
Mauro.tauda@gmail.com

### Como citar en APA

Cruzat Bravo, E. J., Tauda, M. E., Bustos Barahona, R. B., Reyes Sanchez, Y. Y., & Ergas Schleeff, D. I. (2025). Impacto del ejercicio físico en la adiposopatía: Revisión sistemática. *Retos*, 69, 1-22. <https://doi.org/10.47197/retos.v69.113545>

### Resumen

**Introducción:** El ejercicio físico influye positivamente en la inflamación sistémica y en la función del tejido adiposo, particularmente a través de biomarcadores como la leptina y la adiponectina. Estas alteraciones están asociadas con obesidad, síndrome metabólico y enfermedades crónicas no transmisibles.

**Objetivo:** Evaluar el impacto de diferentes protocolos de ejercicio físico sobre los niveles de leptina y adiponectina en personas con obesidad y/o enfermedades crónicas.

**Metodología:** Se realizó una revisión sistemática de estudios experimentales (ensayos clínicos y cuasiexperimentales) publicados entre 2000 y 2024, que analizaron intervenciones de ejercicio físico en adultos con obesidad o enfermedades crónicas. Se incluyeron comparaciones con grupos control sin tratamiento, cuidados habituales o placebo. La búsqueda se realizó en PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y Embase. Se identificaron 2.148 registros, se seleccionaron 14 estudios, que incluyeron (n=510, participantes, edad media 28.02 años). Dos revisores independientes evaluaron el riesgo de sesgo con la herramienta Cochrane. Se calcularon diferencias de medias y odds ratio, y se aplicó el sistema GRADE para valorar la certeza de la evidencia.

**Resultados:** El ejercicio físico redujo significativamente los niveles de leptina y aumentó la adiponectina, mejorando la función del tejido adiposo. También se observaron mejoras en la capacidad cardiovascular (VO<sub>2</sub> pico).

**Conclusiones:** El ejercicio es una estrategia efectiva para modular biomarcadores inflamatorios y mejorar la salud metabólica en poblaciones con obesidad y enfermedades crónicas, aunque sus efectos varían según el tipo de protocolo aplicado.

### Palabras clave

Ejercicio físico 1; adiposopatía 2; leptina 3; adiponectina 4; síndrome metabólico 5.

### Abstract

**Introduction:** Physical exercise has a positive impact on systemic inflammation and adipose tissue function, particularly through biomarkers such as leptin and adiponectin. These alterations are associated with obesity, metabolic syndrome, and non-communicable chronic diseases.

**Objective:** To evaluate the impact of different physical exercise protocols on leptin and adiponectin levels in individuals with obesity and/or chronic diseases.

**Methodology:** A systematic review was conducted of experimental studies (clinical and quasi-experimental trials) published between 2000 and 2024, which analyzed physical exercise interventions in adults with obesity or chronic diseases. Comparisons with control groups without treatment, usual care, or placebo were included. The search was conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, and Embase. A total of 2.148 records were identified, and 14 studies were selected, which included (n=510 participants, mean age 28.02 years). Two independent reviewers assessed the risk of bias using the Cochrane tool. Mean differences and odds ratios were calculated, and the GRADE system was applied to assess the certainty of the evidence.

**Results:** Physical exercise significantly reduced leptin levels and increased adiponectin levels, improving adipose tissue function. Improvements in cardiovascular capacity (VO<sub>2</sub> peak) were also observed.

**Conclusions:** Exercise is an effective strategy for modulating inflammatory biomarkers and improving metabolic health in populations with obesity and chronic diseases, although its effects may vary depending on the type of protocol applied.

### Keywords

Physical exercise 1; adiposopathy 2; leptin 3; adiponectin 4; metabolic syndrome 5.

## Introducción

Según la Asociación de Medicina de la Obesidad (OMA, 2023), la obesidad se define como una enfermedad neuroconductual compleja, crónica, progresiva y tratable, que se caracteriza por un aumento en la adiposidad. Este exceso de grasa promueve la disfunción del tejido adiposo, lo que da lugar a consecuencias negativas en la salud metabólica y cardiovascular. En este sentido, el tejido adiposo no es solo un reservorio pasivo de energía, sino que se considera un órgano activo y multifuncional que desempeña un papel central en la regulación de la homeostasis metabólica y energética del organismo (Dowker et al., 2024). Además de su función clásica de almacenamiento de triglicéridos, el tejido adiposo actúa como un órgano endocrino, secretando una variedad de moléculas bioactivas denominadas adipocinas (Gao et al., 2017).

Estas adipocinas no solo influyen en el tejido adiposo localmente, sino que también tienen efectos sistémicos a través de mecanismos autocrinos, paracrinos y endocrinos, modulando procesos como la sensibilidad a la insulina, la inflamación y el metabolismo energético en tejidos como el músculo esquelético, hígado y el sistema cardiovascular (Bays et al., 2024). Entre las adipocinas más relevantes para el metabolismo se encuentran la adiponectina y la leptina, dos moléculas que, aunque presentan funciones opuestas en ciertos contextos, trabajan de manera complementaria en la regulación metabólica (Björk et al., 2021). La adiponectina, sintetizada predominantemente por los adipocitos, destaca por sus propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas y cardioprotectoras (DeBari et al., 2024). Su acción se centra en mejorar la sensibilidad a la insulina y promover la oxidación de ácidos grasos en tejidos como el músculo esquelético y el hígado. Este mecanismo contribuye a la regulación de los niveles de glucosa y lípidos en sangre, posicionándola como un factor crucial en la prevención de patologías metabólicas como la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Eisinger et al., 2024).

En contraste, la leptina, también secretada por el tejido adiposo, desempeña un papel fundamental en el control del equilibrio energético al regular el apetito y el gasto energético, sus efectos se median principalmente a través del sistema nervioso central, con una acción destacada en el hipotálamo, donde actúa como un sensor del estado energético del organismo (Frühbeck et al., 2017). Sin embargo, en condiciones de obesidad, los niveles persistentemente elevados de leptina pueden generar resistencia a esta hormona, este fenómeno limita su eficacia reguladora, contribuyendo al desequilibrio energético, la inflamación sistémica y la progresión de desórdenes metabólicos (Gómez-Ambrosi et al., 2014). El equilibrio funcional entre la adiponectina y la leptina es esencial para mantener la homeostasis metabólica. En condiciones como la obesidad y otros estados proinflamatorios, este equilibrio se ve alterado, ya que el tejido adiposo adquiere características proinflamatorias que desestabilizan la relación entre las adipocinas. Estas alteraciones exacerban la resistencia a la insulina y contribuyen al desarrollo y progresión de disfunciones metabólicas (Zhang et al., 2018).

En este contexto, Tiwari et al. (2024) destacan la relevancia de adoptar un enfoque integral que considere no solo la interacción entre adiponectina y leptina, sino también el papel de otras moléculas señalizadoras derivadas del tejido adiposo. Este enfoque permitiría el diseño de estrategias terapéuticas más eficaces e innovadoras, orientadas a mejorar la salud metabólica y abordar la obesidad como una condición compleja, caracterizada por un profundo desequilibrio metabólico. La obesidad, estrechamente vinculada con enfermedades crónicas como el síndrome metabólico (MetS), la diabetes tipo 2 (DT2) y las enfermedades cardiovasculares (ECV), implica no solo un aumento de la masa grasa total, sino también alteraciones en su distribución y funcionalidad.

Estas observaciones subrayan la necesidad de un enfoque más matizado que no solo considere la adiposidad general, sino también las características cualitativas del tejido adiposo, como su capacidad metabólica y su perfil inflamatorio (Bilger et al., 2024). En este sentido el ejercicio físico es ampliamente reconocido como una intervención eficaz para mejorar parámetros clave de la salud metabólica, como la tolerancia a la glucosa, la sensibilidad a la insulina y la reducción de la gravedad del síndrome metabólico en adultos con alto riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, o enfermedades cardiovasculares (Colberg et al., 2016). Estas adaptaciones beneficiosas resaltan el potencial del ejercicio como herramienta fundamental en la prevención y manejo de enfermedades metabólicas crónicas.

Actualmente la evidencia científica ha demostrado de manera consistente los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre la salud metabólica y cardiovascular, particularmente en relación con parámetros tradicionales como los niveles de glucosa en sangre, la sensibilidad a la insulina y los perfiles lipídicos

(Jadhav et al., 2020). Sin embargo, a pesar del amplio cuerpo de investigación centrado en estos indicadores clásicos, aún persiste un vacío respecto al análisis del impacto del ejercicio sobre biomarcadores específicos del tejido adiposo, especialmente la leptina y la adiponectina. Estas adipocinas han cobrado especial relevancia por su papel central en la regulación del apetito, el metabolismo energético, la sensibilidad a la insulina y la modulación de la inflamación crónica de bajo grado. Alteraciones en sus concentraciones plasmáticas se han vinculado estrechamente con condiciones como la obesidad, el síndrome metabólico, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Bays, 2014).

En este contexto, estudios recientes han fortalecido la base empírica que respalda el ejercicio físico como herramienta efectiva para mejorar la función del tejido adiposo. Un metaanálisis realizado por Li et al. (2024), que incluyó 25 estudios y un total de 1.400 participantes de distintas edades, demostró que tanto el ejercicio de intensidad moderada como el de alta intensidad promueven mejoras significativas en la sensibilidad a la insulina y reducen la inflamación sistémica. Estos efectos no solo inciden positivamente sobre la glucemia o los perfiles lipídicos, sino que también se reflejan en la modulación de adipocinas.

El estudio de Zhang et al. (2024) proporcionan evidencia detallada sobre los efectos del ejercicio físico en la mejora de la salud metabólica y cardiovascular. En su metaanálisis, que incluyó a 1.250 participantes de entre 30 y 65 años, se analizaron diversos tipos de entrenamiento, tanto de alta como de moderada intensidad. Los resultados indicaron que la actividad física regular, independientemente de la intensidad, se asoció con una reducción significativa en los niveles de glucosa en ayunas (promedio de  $-10,32$  mg/dL;  $p<0,05$ ) y con una mejora en la sensibilidad a la insulina (incremento promedio de  $0,53$  en el índice HOMA-IR;  $p<0,01$ ). Asimismo, se observó una disminución de  $5,2$  mmHg en la presión arterial sistólica y una reducción de  $7,3$  mg/dL en los niveles de colesterol LDL. Estos beneficios se reportaron tanto en personas con factores de riesgo para diabetes tipo 2 como en aquellas con antecedentes de enfermedades cardiovasculares, aunque el estudio no analizó directamente biomarcadores del tejido adiposo, los mecanismos fisiológicos involucrados en las mejoras observadas están estrechamente vinculados a la modulación de adipocinas como la leptina y la adiponectina.

La disminución de la resistencia a la insulina y la mejora en el perfil lipídico descritas por Zhang et al. pueden explicarse, en parte, por un aumento en la concentración de adiponectina, hormona con efectos antiinflamatorios e insulinosensibilizantes y por una reducción en los niveles de leptina, cuya hiperconcentración se asocia con resistencia a la insulina e inflamación crónica de bajo grado. Así, estos hallazgos respaldan la hipótesis de que el ejercicio físico no solo actúa sobre marcadores tradicionales, sino que también influye positivamente en la funcionalidad del tejido adiposo, contribuyendo a un entorno metabólico más favorable.

El estudio de Yu et al. (2017) llevó a cabo una revisión sistemática con metaanálisis de 28 ensayos clínicos aleatorizados, cuyo objetivo fue evaluar los efectos del ejercicio físico sobre las adipocinas en individuos con sobrepeso u obesidad. Las intervenciones consistieron principalmente en programas de ejercicio aeróbico con una duración mínima de ocho semanas. En términos de resultados, el ejercicio físico se asoció con una reducción significativa en los niveles de leptina, evidenciada por una diferencia media de  $-2,24$  ng/ml en comparación con los grupos control (IC 95%:  $-3.26$  a  $-1.23$ ;  $p<0,001$ ). Asimismo, se observó un aumento significativo en los niveles de adiponectina, con una diferencia media de  $0,44$  µg/ml respecto a los controles (IC 95%:  $0.13$  a  $0.75$ ;  $p=0.005$ ). Estas diferencias reflejan el efecto promedio del ejercicio sobre dichos biomarcadores, en comparación con los participantes que no realizaron actividad física estructurada.

Por su parte, Gao et al. (2024) estudiaron los efectos del entrenamiento aeróbico interválico y de resistencia en hombres sedentarios con síndrome metabólico. En total, participaron 33 hombres (edad:  $46.2\pm 4.6$  años; IMC:  $35.4\pm 1.9$  kg/m<sup>2</sup>), distribuidos en tres grupos: aeróbico interválico ( $n=12$ ), resistencia ( $n=10$ ) y control ( $n=11$ ). Tras 12 semanas de intervención, se observaron mejoras significativas en los niveles de adiponectina y omentina-1, junto con una reducción de la inflamación (disminución de hs-CRP) y mejoras en el perfil lipídico, la presión arterial y la glucosa. El grupo de entrenamiento aeróbico obtuvo los mayores beneficios, incluyendo un aumento del HDL ( $+12\%$ ,  $p<0,05$ ) y del VO<sub>2</sub>máx ( $+15\%$ ,  $p<0,01$ ), así como reducciones más marcadas en LDL ( $-10\%$ ,  $p<0,05$ ), triglicéridos ( $-14\%$ ,  $p<0,05$ ) y colesterol total ( $-8\%$ ,  $p<0,05$ ), en comparación con el grupo de resistencia.

Vasquet et al. (2019) llevaron a cabo una revisión sistemática que incluyó 13 estudios con el objetivo de evaluar el impacto de distintos tipos de ejercicio físico sobre los niveles de adipocinas en adultos con obesidad. Las modalidades de ejercicio analizadas fueron aeróbicas, anaeróbicas y combinadas (concurrentes). En términos generales, los resultados indicaron un aumento promedio del 18–25% en los niveles de adiponectina, asimismo, se observó una reducción del 15–30% en los niveles de leptina y una disminución del 10–22% en los niveles del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ). Entre todas las modalidades, el ejercicio aeróbico mostró los efectos más consistentes y marcados sobre la modulación de estas adipocinas, posicionándose como una herramienta terapéutica eficaz para mejorar el perfil inflamatorio y metabólico en personas con obesidad.

De manera similar, el estudio de Tomeleri et al. (2016) evaluaron a 38 mujeres mayores obesas ( $68.2 \pm 4.2$  años) que participaron en un programa de entrenamiento de resistencia durante 8 semanas, con una frecuencia de tres sesiones semanales. Los resultados mostraron reducciones significativas en los niveles de interleucina-6 (IL-6), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) y proteína C reactiva (PCR), junto con mejoras en el perfil lipídico y la composición corporal. Estos efectos antiinflamatorios pueden estar mediados por una mayor expresión de adiponectina, adipocina con propiedades antiinflamatorias y sensibilizadoras de la insulina, y por una reducción en los niveles de leptina, cuya hiperexpresión se asocia a un fenotipo inflamatorio crónico en la obesidad. Por lo tanto, este estudio refuerza el rol del entrenamiento de resistencia como estrategia para modular favorablemente el entorno hormonal e inflamatorio en poblaciones con obesidad e hipertensión.

El estudio realizado por Wang et al. (2023) incluyó a 60 adultos con sobrepeso y obesidad, con una edad promedio de 45 años, quienes participaron en un programa de entrenamiento de fuerza durante 12 semanas. Los resultados mostraron mejoras significativas en la salud cardiovascular, evidenciadas por una reducción de 9 mmHg en la presión arterial sistólica ( $p < 0,05$ ) y en la presión arterial diastólica. Además, se observó un aumento del 17% en los niveles de adiponectina ( $p < 0,05$ ), lo que sugiere un efecto positivo sobre la función metabólica y la regulación energética. También se registró una disminución significativa en los niveles de interleucina-6 (IL-6) y proteína C reactiva (PCR), lo que indica una reducción en los marcadores de inflamación sistémica. Estos hallazgos refuerzan el impacto favorable del entrenamiento de fuerza en la salud metabólica y cardiovascular de los individuos con sobrepeso y obesidad.

El impacto del ejercicio sobre la adiposopatía, entendida como la disfunción del tejido adiposo y las alteraciones en la relación entre leptina y adiponectina, sigue siendo un tema controvertido en la investigación científica. Los resultados de los estudios varían considerablemente según los contextos y las condiciones experimentales empleadas, lo que sugiere que aún no se ha alcanzado un consenso claro sobre estos efectos. Estos hallazgos destacan la necesidad de investigaciones más detalladas para esclarecer estas discrepancias.

El objetivo primario de este estudio es examinar los efectos del ejercicio físico sobre la adiposopatía, específicamente en la modulación de la relación entre leptina y adiponectina. Para ello, se utilizará un diseño homogéneo que controle tanto la intensidad como la duración del entrenamiento. Los objetivos secundarios incluyen un análisis exhaustivo de factores adicionales, tales como el perfil inflamatorio basal y los cambios en la composición corporal. Además, se evaluará la interacción entre diferentes tipos de ejercicio (aeróbico, de resistencia o combinado) y su impacto en la función del tejido adiposo. Este enfoque permitirá obtener una visión más integral de cómo el ejercicio físico puede optimizar los beneficios para mejorar la adiposopatía y en general la salud metabólica.

## Método

### *Criterios de inclusión*

Se incluyeron estudios en humanos publicados entre 2000 y 2024 que analizaron el impacto de intervenciones de ejercicio físico (aeróbico, de resistencia o combinado) en poblaciones con enfermedades crónicas. Los estudios seleccionados debían cumplir con los siguientes criterios: Individuos con enfermedades crónicas, como obesidad, diabetes tipo 2, hipertensión, síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares. Los estudios incluyeron participantes adultos jóvenes, adultos mayores y de diversas regiones lingüísticas (español, inglés, francés, entre otros). Intervenciones de ejercicio físico (aeróbico,

de resistencia o combinado), con una duración y frecuencia específicas (por ejemplo, ejercicios de alta o moderada intensidad durante un periodo de tiempo determinado, generalmente de 8 a 12 semanas). Comparación de los efectos del ejercicio físico con grupos de control (sin intervención o con intervención diferente) o con grupos que recibieron otro tipo de tratamiento (por ejemplo, medicación, cambios en la dieta, etc.). Las variables de estudio incluyeron los efectos del ejercicio sobre la adipocina, específicamente en los niveles de adiponectina y leptina, dos biomarcadores clave asociados con la regulación metabólica. Además, se evaluaron otros resultados relacionados, como la inflamación sistémica, la resistencia a la insulina y otros biomarcadores de la salud metabólica. Se incluyeron ensayos clínicos controlados, estudios cuasiexperimentales y estudios observacionales que reportaron datos comparativos sobre los efectos del ejercicio físico sobre las adipocinas en los participantes con enfermedades crónicas.

### ***Criterios de exclusión***

Se excluyeron los siguientes tipos de estudios: Se descartaron estudios que no involucraran sujetos humanos, tales como investigaciones realizadas en animales o modelos experimentales no humanos. Se excluyeron estudios que investigaron el efecto de intervenciones farmacológicas o dietéticas sin la inclusión de ejercicio físico como intervención principal. Se excluyeron publicaciones que no estuvieran accesibles o que carecieran de los datos completos necesarios para realizar un análisis adecuado. Se eliminaron materiales de conferencias, tesis, opiniones de expertos y otros documentos que no presentaran investigaciones originales y revisadas por pares.

### ***Fuentes de información***

Se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y Embase, para estudios publicados entre enero de 2000 y enero de 2024, utilizando los siguientes términos en español: "obesidad", "ejercicio", "adiposopatía", "inflamación", "adipocinas", "resistencia a la insulina", "síndrome metabólico", "enfermedades cardiovasculares", "entrenamiento de resistencia" y "entrenamiento de fuerza". Las combinaciones de búsqueda incluyeron: ("obesidad" OR "disfunción adiposa") AND ("ejercicio de resistencia" OR "entrenamiento de fuerza") AND ("adipocinas" OR "inflamación") AND ("resistencia a la insulina" OR "síndrome metabólico"). Similarly, the search was conducted in English using the following terms: "obesity", "exercise", "adipopathy", "inflammation", "adipokines", "insulin resistance", "metabolic syndrome", "cardiovascular diseases", "resistance training", and "strength training". The search combinations included: ("obesity" OR "adipopathy") AND ("resistance training" OR "strength training") AND ("adipokines" OR "inflammation") AND ("insulin resistance" OR "metabolic syndrome"). This strategy ensured an exhaustive search, including relevant studies for the analysis.

### ***Proceso de selección de los estudios***

El proceso de selección de los estudios se realizó en tres fases. En la primera fase, dos revisores evaluaron de forma independiente los títulos y resúmenes para filtrar estudios relevantes. En la segunda fase, se analizó el texto completo de los estudios preseleccionados, revisando sus métodos, poblaciones, intervenciones y resultados. En caso de discrepancia entre los revisores, se recurrió a un tercer evaluador para alcanzar el consenso. En la tercera fase, se aplicaron herramientas para asegurar la calidad metodológica: el protocolo PRISMA se utilizó para guiar la transparencia del proceso de revisión, y el sistema GRADE para clasificar la calidad de la evidencia y la fuerza de las recomendaciones de los estudios incluidos.

### ***Proceso de extracción de datos***

El proceso de extracción de datos se centró en recopilar información relevante sobre las intervenciones de ejercicio físico implementadas en los estudios incluidos. Se registraron detalles específicos como el tipo de ejercicio realizado (por ejemplo, aeróbico, de fuerza o combinado), la duración de la intervención en semanas, la frecuencia semanal, la intensidad del entrenamiento y los métodos utilizados para su ejecución. Asimismo, se extrajeron datos demográficos de los participantes, incluyendo edad, sexo y tamaño muestral. En cuanto a los resultados, se hizo especial énfasis en los cambios observados en los niveles de adiponectina y leptina, reportados generalmente en unidades de concentración como ng/mL o µg/mL, por ser marcadores clave en la regulación metabólica y la salud cardiovascular. Esta sistematización de los datos permitió evaluar el impacto de las intervenciones sobre los perfiles hormonales y

metabólicos, facilitando el análisis de las asociaciones entre las modificaciones en las adipocinas y los efectos inducidos por las distintas modalidades de ejercicio.

### ***Evaluación del riesgo de sesgo***

Para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos en la revisión, se utilizó la herramienta estandarizada de la Colaboración Cochrane (Risk of Bias Tool, versión 2.0), la cual permite valorar dominios clave como la generación de la secuencia de aleatorización, la ocultación de la asignación, el cegamiento de los participantes y del personal, el manejo de datos incompletos y la notificación selectiva de resultados. Dos revisores evaluaron de forma independiente cada estudio. En caso de desacuerdo, se resolvió mediante discusión o con la intervención de un tercer revisor. Cada estudio fue clasificado en una de tres categorías de riesgo: bajo, alto o riesgo incierto. Estas clasificaciones se asignaron según el número de dominios con problemas: Bajo riesgo de sesgo: cuando todos los dominios fueron considerados de bajo riesgo. Riesgo incierto: cuando uno o más dominios fueron evaluados como inciertos. Alto riesgo de sesgo: cuando al menos un dominio fue calificado con alto riesgo. Adicionalmente, se emplearon herramientas de automatización y gestión bibliográfica (como Rayyan o Zotero) para organizar los estudios y apoyar en la detección de posibles patrones sistemáticos de sesgo durante el proceso de revisión.

### ***Medidas del efecto***

Para cada diseño, se utilizaron medidas de efecto apropiadas que permitieron realizar una síntesis clara de los resultados. Las más comunes utilizadas fueron la diferencia de medias para variables continuas, como las concentraciones de adiponectina y leptina, y la razón de medidas de riesgos en caso de desenlaces binarios. Estas permitieron una comparación estandarizada entre los grupos experimentales y de control, lo que facilitó la evaluación de la magnitud y la dirección del efecto de las medidas de intervención.

### ***Métodos de síntesis***

El proceso de selección de estudios elegibles para cada síntesis se basó en un análisis comparativo de las características de los estudios de intervención, como el tipo de intervención, la duración, la población y los resultados medidos. Se determinaron criterios claros de inclusión y exclusión, que permitieron organizar los estudios en grupos homogéneos para la síntesis. 13b: Para preparar los datos para su presentación, se manejaron los datos perdidos mediante la imputación de valores cuando fuera necesario y aplicando métodos estadísticos para evaluar su impacto en los resultados. En los casos de datos faltantes en variables clave, se utilizarán conversiones de datos o análisis alternativos para no afectar la calidad de la síntesis. 3c: Los resultados de los estudios individuales se tabularon en matrices claras, destacando las medidas de efecto, la magnitud del cambio en las variables, y los detalles de la intervención.

### ***Evaluación de la certeza de la evidencia***

La certeza de la evidencia para cada desenlace se evaluó utilizando el sistema GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluaciones). Este sistema permitió clasificar la calidad de la evidencia en cada diseño, considerando aspectos como el diseño del estudio, el riesgo de sesgo, la consistencia de los resultados, la precisión de los efectos y la aplicabilidad de los hallazgos. La calidad de la evidencia fue clasificada como alta, moderada, baja o muy baja.

## **Resultados**

Se identificaron un total de 2.148 registros mediante búsquedas en cinco bases de datos: PubMed (n = 889), Scopus (n=562), Web of Science (n=387), Cochrane Library (n=87) y Embase (n=223). Luego de eliminar 587 registros duplicados, quedaron 1.561 registros únicos, que fueron sometidos a un cribado inicial de títulos y resúmenes. En esta fase, se excluyeron 167 registros por no cumplir con los criterios de inclusión y 99 registros por otros motivos (por ejemplo, duplicación no detectada previamente o irrelevancia temática), resultando en 1.295 registros. Posteriormente, se realizó un examen manual detallado de 310 registros, quedando 985 registros para análisis más profundo. Tras una nueva depuración, 896 registros fueron considerados elegibles para la recuperación de texto completo. De estos, se solicitó la recuperación de 248 informes, de los cuales 48 no pudieron ser recuperados, dejando 200

estudios completos evaluados para elegibilidad. En esta fase final, se excluyeron 95 estudios por las siguientes razones: Falta de datos relevantes (n=32), diseño no aleatorizado (n=27), Participantes con edad promedio menor a 35 años (n=22), Falta de acceso al texto completo (n=15), Problemas de legibilidad o metodológicos (n=5). Finalmente, se incluyeron 14 estudios en la revisión sistemática (Figura 1), todos con datos completos, adecuados métodos de intervención y cumplimiento de los criterios de elegibilidad previamente establecidos. Los 14 estudios incluidos abarcaron un total de 510 participantes, con una edad promedio de 28,02 años, siendo predominantemente varones (n=312; 61.2%).

La duración promedio de las intervenciones fue de 13.07 semanas. Los estudios provinieron de diversas regiones geográficas, incluyendo América del Norte, Europa, Asia y América Latina, lo que permitió una representación internacional en el análisis de los efectos del ejercicio sobre adiponectina y leptina en contextos clínicos. En los estudios analizados se identificaron tres modalidades principales de intervención: entrenamiento aeróbico, entrenamiento de fuerza y entrenamiento concurrente (combinación de ambos). De estas, el entrenamiento concurrente fue el enfoque más utilizado, estando presente en aproximadamente el 50% de los estudios incluidos, seguido por el entrenamiento aeróbico con un 30%, y, en menor medida, por el entrenamiento de fuerza, con un 20%. La mayoría de los protocolos fueron implementados de forma individual y supervisada, siendo comparados principalmente con grupos control pasivos (sin intervención) o con intervenciones de baja intensidad, mientras que pocos estudios incluyeron comparadores activos. En términos generales, las intervenciones tuvieron una duración promedio de 13 semanas, con una frecuencia de tres a cinco sesiones por semana. Cabe destacar que la mayoría de los estudios no reportaron efectos adversos asociados a la intervención, y solo un pequeño porcentaje (alrededor del 20%) mencionó explícitamente la ausencia de eventos indeseados. En los casos en que se reportaron estos datos, no se observaron complicaciones mayores.

En conjunto, los estudios revisados indican que el entrenamiento físico crónico, tanto aeróbico como concurrente, induce mejoras relevantes en biomarcadores inflamatorios y metabólicos. Por ejemplo, Amaro et al. (2021) reportaron que 12 semanas de entrenamiento concurrente generaron una reducción significativa en los niveles de leptina y mejoras en presión arterial ( $\Delta = -10.81$  mmHg), índice de masa corporal ( $\Delta = -1.32$  kg/m<sup>2</sup>), masa grasa ( $\Delta = -3.27$  kg) y riesgo cardiometabólico ( $\Delta = -0.39$ ). De manera similar, Torres et al. (2017) observaron en adolescentes una disminución significativa de leptina ( $23 \pm 13$  a  $14 \pm 8$  ng/mL;  $p < 0.001$ ) y un aumento de adiponectina ( $10 \pm 3$  a  $13 \pm 4$  ng/mL;  $p < 0.014$ ) tras 12 semanas de entrenamiento concurrente.

En adultos, González et al. (2020) también evidenciaron un cambio significativo en la relación adiponectina/leptina ( $p = 0,009$ ;  $ES = 0,53$ ), mientras que Rejeki et al. (2023) confirmaron que tanto el entrenamiento aeróbico como el de fuerza y el concurrente aumentaron los niveles de adiponectina y redujeron la leptina, correlacionándose con mejoras en la composición corporal. Akbarpour et al. (2013) respaldaron estos hallazgos al demostrar reducciones significativas en leptina ( $p = 0.003$ ), IL-6 ( $p = 0,001$ ) y proteína C reactiva (PCR;  $p = 0.002$ ), junto con un aumento en adiponectina ( $p = 0.002$ ) tras un programa de entrenamiento de resistencia de 12 semanas.

Además, investigaciones de mayor duración, como las de Kondo et al. (2006) y Mediano et al. (2013), mostraron que programas prolongados (42 semanas y 12 meses, respectivamente) producen reducciones sostenidas en leptina, PCR e IMC, así como en el VO<sub>2</sub> máx y en los niveles de adiponectina. Estos efectos fisiológicos también se traducen en cambios moleculares importantes, como lo demostró Sanchis et al. (2024), quienes reportaron una regulación negativa en la expresión génica de leptina ( $p = 0.041$ ), interferón gamma (IFN- $\gamma$ ;  $p = 0.040$ ) y del receptor ADIPOR2 ( $p = 0.028$ ), lo que evidencia una influencia significativa del ejercicio regular sobre la modulación de genes proinflamatorios.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020.

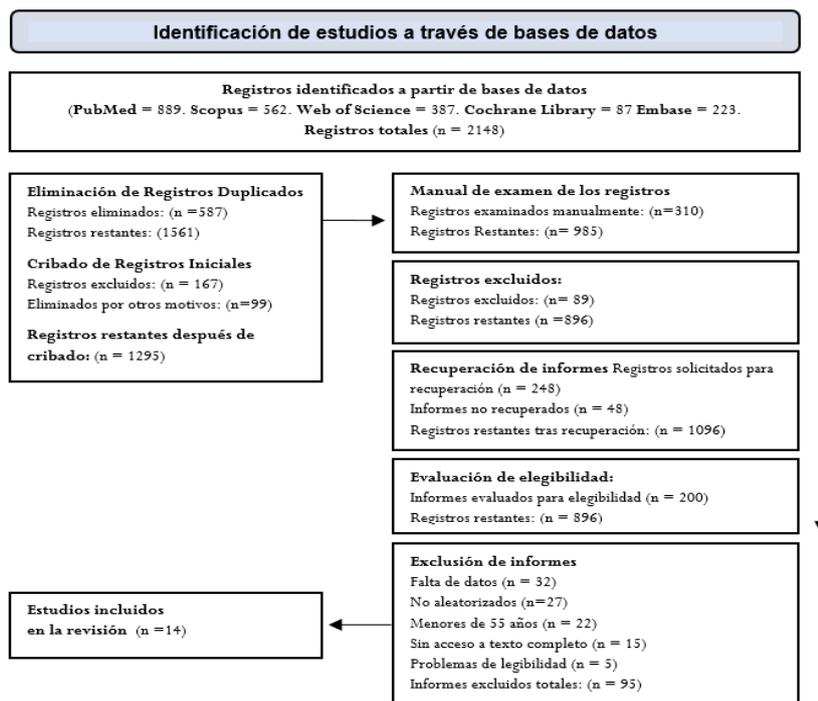


Figura 1. El diagrama de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) es una herramienta visual utilizada para mostrar el proceso de selección de estudios en una revisión sistemática, desde la identificación inicial de los estudios hasta la inclusión final de aquellos que cumplen con los criterios de calidad y relevancia establecidos. El diagrama generalmente se presenta en forma de un flujo secuencial, que permite identificar claramente cuántos estudios fueron considerados en cada etapa del proceso.

Tabla 1. Estudios a selección de riesgo de sesgo (Cochrane ROB).

Estudio	Generación de secuencia aleatoria (Sesgo de selección)	Ocultación de la asignación (Sesgo de selección)	Enmascaramiento de los participantes y el personal (Sesgo de exclusión)	Enmascaramiento de la evaluación del resultado (Sesgo de detección)	Datos de resultados incompletos (Sesgo de exclusión)	Notificación selectiva (Sesgo de notificación)	Otros sesgos
Amaro et al., 2021	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Poco riesgo	Poco riesgo	Poco riesgo
Torres et al., 2017	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Saunders et al., 2012	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Poco claro	Bajo riesgo
González et al., 2020	Bajo riesgo	Poco claro	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Rejeki et al., 2023	Bajo riesgo	Poco claro	Alto riesgo	Poco claro	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Sanchis et al., 2024	Bajo riesgo	Poco claro	Poco claro	Poco claro	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Akbarpour et al., 2013	Bajo riesgo	Poco claro	Poco claro	Poco claro	Poco claro	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Mediano et al., 2013	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Poco claro	Poco claro	Bajo riesgo
Fazelifar et al., 2013	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Poco claro	Bajo riesgo
Maquiel et al., 2023	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Poco riesgo	Poco riesgo	Poco riesgo
Anche et al., 2021	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Kondo et al., 2006	Bajo riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Poco claro	Bajo riesgo
Kim et al., 2007	Bajo riesgo	Poco claro	Alto riesgo	Alto riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo
Monzillo et al., 2012	Bajo riesgo	Poco claro	Alto riesgo	Poco claro	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Bajo riesgo

Nota: Estudios incluidos en el análisis de sesgo.

La Tabla 1, presenta los resultados de los estudios, evidenciando un bajo riesgo en la generación de secuencia aleatoria, lo que indica una adecuada aleatorización. No obstante, el ocultamiento de la asignación y el enmascaramiento de los participantes y evaluadores muestran un alto riesgo en varios casos, lo que podría comprometer la validez de los resultados. En cuanto a los datos de resultados incompletos y la notificación selectiva, la mayoría de los estudios presentan un bajo riesgo, aunque en algunos casos

la información es poco clara. En términos generales, los estudios siguen una metodología aceptable, pero la falta de enmascaramiento y el posible sesgo de selección podrían influir en sus conclusiones.

### Evaluación según sistema GRADE

La calidad de la evidencia según el sistema GRADE varía entre alta y moderada en los estudios revisados. Los estudios con evidencia de alta calidad incluyen aquellos de Saunders et al. (2012), González et al. (2020), Akbarpour et al. (2013), Kondo et al. (2006), Kim et al. (2007) y Monzillo et al. (2012), los cuales presentaron diseños robustos y una consistencia de resultados que respaldan firmemente sus conclusiones sobre los efectos del ejercicio sobre los biomarcadores metabólicos y la salud cardiovascular. Por otro lado, los estudios con evidencia moderada como Amaro et al. (2021), Torres et al. (2017), Rejeki et al. (2023), Sanchis et al. (2024), Mediano et al. (2013), Fazelifar et al. (2013), Maquiel et al. (2023), Anche et al. (2021) muestran una validez más limitada, con mayor variabilidad en los resultados o tamaños de muestras menores que afectan la fuerza de las conclusiones, aunque aun así proporcionen información valiosa para la comprensión de los efectos del ejercicio.

Tabla 2. Datos generales de los estudios.

Estudio	Método	Grupos	Medidas	Resultados
Amaro et al., 2021. (n12) Edad: (42.36±7.5 años).	12 semanas entrenamiento concurrente	Control: (n6). Actividad física regular. Intervención: (n6). 3 días a la semana. Fuerza: 6 a 7 Borg. Series 3. Repetición 12 a 15. Ejercicios 6. Resistencia 60% FCr. 15 min. Duración total sesión 60 min.	Leptina HOMA-IR Insulina, Colesterol Proteína C reactiva PA	El grupo de intervención presentó mejoras significativas en varios parámetros clínicos y bioquímicos: Peso corporal: -4,21 kg. IMC: -1,32 kg/m <sup>2</sup> . Masa grasa: -3,27 kg. Presión arterial: -10,81 mmHg. Riesgo cardiometabólico: -0,39 (escala propia). Función cardíaca: aumento del diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo (+4,35 mm) Leptina: -7,6 ± 12,47 ng/mL (intervención) vs. +1,2 ± 8,18 ng/mL (control); diferencia entre grupos: -8,8 ± 14,9 ng/mL
Torres et al., 2017. (n44) Edad: (15.8±2 años).	12 semanas entrenamiento concurrente	Control: (n22). Actividad física regular. Intervención: (n22). 5 días a la semana. Fuerza: 7 ejercicios. Series 3. Repetición 12 a 15. Ejercicios 6. Resistencia: 45 min. 60% FCmax. Duración total sesión 60 min.	Leptina Adiponectina Colesterol total Urea Creatinina Glucosa basal	En el grupo de intervención, la leptina disminuyó significativamente (-9 ± 5,26 ng/mL), mientras que en el grupo control aumentó levemente (+2±9,1 ng/mL). La adiponectina aumentó en ambos grupos, con una mejora de +3±5 µg/mL en la intervención y +2±4,47 µg/mL en el control.
Saunders et al., 2012 (n38) Edad: (38.39±11.2 años).	1 semana entrenamiento resistencia	Control: (n20). 3 días a la semana. Resistencia: 45 min. 70% VO <sub>2</sub> pico. Duración total sesión 60 min. Intervención (n18). 3 días a la semana. Resistencia: 45 min. 50% VO <sub>2</sub> pico. Duración total sesión 60 min.	Leptina Adiponectina Colesterol total	Ambos grupos mostraron incrementos significativos en los niveles de adiponectina inmediatamente después del ejercicio (intervención: 4,86 ± 0,4 a 5,47 ± 0,4 µg/mL; control: 4,47 ± 0,4 a 5,18 ± 0,49 µg/mL), los cuales se mantuvieron elevados tras 30 minutos de descanso y entre 24 y 72 horas después de la última sesión.
González et al., 2020 (n26) Edad: (46.38±4.66).	8 semanas entrenamiento concurrente	Hombres: (n12). 3 días a la semana. Resistencia: 45 min. 70% VO <sub>2</sub> pico. Duración total sesión 60 min. Mujeres (n14). 3 días a la semana. Resistencia: 45 min. 50% VO <sub>2</sub> pico. Duración total sesión 60 min.	Adiponectina Leptina.	Se observaron diferencias significativas en la relación adiponectina-leptina (A/L) en el total de la muestra ( $p = 0,009$ ; $ES = 0,53$ ), lo que sugiere una disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares y lipoinflamación. No se encontraron diferencias significativas en las mejoras de la relación A/L entre mujeres (cambio = +63,5%) y hombres (cambio = +59,2%) tras la intervención.
Rejeki et al., 2023 (n40) Edad: (21.93±1.35 años).	4 semanas entrenamiento Resistencia Fuerza.	Grupo Control (n = 10): Actividad física regular. Fuerza (n = 10): 60-70% 1-RM, 6 series de 15 repeticiones en 8 ejercicios. Resistencia (n = 10): 3 días a la semana, 45 min a 60-70% FCmáx. Concurrente (n = 10): 50% 1-RM y 50% FCmáx, 3 días a la semana, 45 min.	Adiponectina Leptina. Glucosa Hemoglobina PA	Control (CTL) Leptina no experimentó cambios significativos ( $\Delta = +0,46 \pm 0,48$ ), mientras que los grupos de intervención presentaron reducciones significativas: Entrenamiento Aeróbico (MAT) ( $\Delta = -4,35 \pm 6,8$ ), Entrenamiento de Resistencia (TRM) ( $\Delta = -4,88 \pm 7,3$ ) y Entrenamiento Combinado (MCT) con la mayor reducción ( $\Delta = -11,82 \pm 6,1$ ). Respecto a la adiponectina, el grupo control no mostró cambios ( $\Delta = -0,37 \pm 2,6$ ), mientras que los grupos de intervención mostraron aumentos significativos: MAT ( $\Delta = +6,09 \pm 5,5$ ), TRM ( $\Delta = +7,27 \pm 7,3$ ) y MCT con el mayor incremento ( $\Delta = +13,62 \pm 7,5$ ).
Sanchis et al., 2024 (n29) Edad: (46.38±4.66 años).	8 semanas entrenamiento Concurrente	Mujeres (n = 16) y hombres (n = 13) realizaron un entrenamiento de resistencia con 10 ejercicios, utilizando una escala de Borg de 5 a 10, en sesiones de 45 segundos de	Adiponectina Leptina. TNFa	Leptina: Mujeres: Disminución de 1 ± 0,874 a 0,577 ± 0,482 (-0,423 ± 0,97). Hombres: Disminución de 1 ± 1,120 a 0,40 ± 0,32 (-0,6 ± 1,18). Adiponectina: Mujeres: Disminución de 1 ± 1,825 a 0,260 ± 0,284 (-0,74 ± 1,85). Hombres: Disminución de 1 ± 1,504 a 0,29 ± 0,32 (-0,71 ± 1,53).

		trabajo y 45 segundos de descanso, durante 15 minutos. El entrenamiento consistió en 3 series, con 3 minutos de descanso entre series, 3 veces por semana.		Aunque ambos grupos (hombres y mujeres) experimentaron reducciones en los niveles de leptina y adiponectina, las diferencias fueron más pronunciadas en los hombres, especialmente en los niveles de leptina.
Akbarpour et al., 2013. (n16) Edad: (22.7±2.7 años).	12 semanas entrenamiento Resistencia	Control: (n30). 3 días a la semana. Actividad física moderada. Intervención (n30). 3 días a la semana. Resistencia: 45 min. 70% Fcmax. Duración total sesión 60 min.	Leptina, Adiponectina, Proteína C reactiva, Interleucina-6	Los resultados mostraron que el entrenamiento aeróbico condujo a disminuciones en los niveles de PCR (P = 0,002), IL-6 (P = 0,001) y leptina (P = 0,003) y un aumento en el nivel de adiponectina (P = 0,002) en el grupo experimental en relación con el grupo de control. Además, el nivel de TNF-α disminuyó en el grupo experimental después del período de entrenamiento aeróbico de 12 semanas
Mediano et al., 2013 (n54) Edad: (32.7±4.7 años).	12 meses entrenamiento Resistencia y fuerza	Control: (n30). 3 días a la semana. Actividad física moderada. Intervención (n30). 3 días a la semana. Resistencia: 20 min. 40% Fcmax. 8 ejercicios de fuerza con el peso corporal y bandas elásticas trabajo por tiempo 40x 1 min descanso dos series.	Adiponectina, Proteína C reactiva, Antriopometria	Grupo intervención mostró mayor reducción de peso (-1,71 vs. -0,50; p = 0,03) e IMC (-0,67 vs. -0,20; p = 0,03), mientras que la PCR fue menor en el grupo intervención (-0,03 vs. 0,15; p = 0,09). Leptina: Intervención: -7,6 ± 12,47. Control: +1,2 ± 8,18 Adiponectina: Intervención: +1,8 ± 1,77 Control: -0,1 ± 1,8
Fazelifar et al., 2013 (n24) Edad: (13.7±3.1 años).	12 semanas de entrenamiento concurrente	Control (n = 12): Participantes con actividad física regular. Intervención (n = 12): Ejercicio realizado tres veces a la semana, con una intensidad del 60% Fcmax. 2 series de 4 minutos (8 minutos en total) de ejercicio de resistencia, seguido de 3 series de 20 repeticiones. En 4 ejercicios de fuerza.	Adiponectina Vo2max Flexibilidad Abdominales. Illinois test	Se observó una disminución significativa en los niveles de adiponectina tanto en el grupo de intervención como en el grupo control: Intervención: de 19,7 ± 4,97 a 14 ± 5,46 (Δ = -5,7 ± 6,42). Control: de 20 ± 5,70 a 14 ± 4,64 (Δ = -6 ± 5,36). Ambas reducciones fueron estadísticamente significativas (p < 0,05). Además, el grupo de intervención mostró mejoras significativas en VO <sub>2</sub> pico, flexibilidad, fuerza, resistencia abdominal y agilidad en comparación con el grupo control (p < 0,05).
Maquiel et al., 2023 (n62) Edad: (36.6±6.9 años).	16 semanas de entrenamiento concurrente	Control (n = 20): actividad física regular. Grupo de resistencia (EG1, n = 21): entrenamiento aeróbico 3 veces por semana, 45 minutos por sesión al 70% de la frecuencia cardíaca máxima. Grupo concurrente (EG2, n = 21): combinación de ejercicio aeróbico (20 minutos al 50% de Fcmax) y entrenamiento de fuerza (50% de 1-RM), 3 veces por semana, 45 minutos en total.	Leptina HDL-C HDL-C Insulina	Tanto el grupo de entrenamiento aeróbico (EG1) como el grupo de entrenamiento concurrente (EG2) mostraron una disminución en la grasa corporal y mejoras en los parámetros del metabolismo de los carbohidratos, mientras que en el grupo EG2 se confirmó una disminución significativa en la concentración de leptina, desde 41,32 ± 25,6 ng/mL a 36,36 ± 19,86 ng/mL (diferencia: -4,96 ± 6,57 ng/mL). En comparación, el grupo control presentó un leve aumento (46,5 ± 23,8 a 46,1 ± 37,6 ng/mL; diferencia: +0,4 ± 13,8 ng/mL).
Anche et al., 2021 (n18) Edad: (45.0±7.6 años).	12 semanas de entrenamiento concurrente	Solo un grupo: 150 minutos semanales de actividad física moderada a vigorosa por semana.	Leptina Perfil lipidico PA BMR GPAQ	Se observaron cambios significativos en la circunferencia de cintura (p = 0,047), glucemia posprandial (p = 0,0396), triglicéridos (p = 0,0323), índice de masa corporal (p = 0,0056), grasa subcutánea (p = 0,0354) y tasa metabólica basal (p = 0,0035). Por otro lado, la glucemia en ayunas (p = 0,254), el colesterol total (p = 0,062), la HDL-C (p = 0,367), la LDL-C (p = 0,641) y la leptina (pre: 25,5 ± 9,3 ng/mL; post: 23,7 ± 11,5 ng/mL; Δ = -1,8 ± 15,4; p = 0,328) no presentaron cambios estadísticamente significativos.
Kondo et al., 2006 (n96) Edad: (18.7±2.3 años).	42 semanas de entrenamiento concurrente	Control (n12): Actividad física regular. Resistencia (n14): 30 min 4 días semanales 60-70% Fcr. Mas ejercicios de fuerza peso corporal.	Leptina Adiponectina Perfil lipidico PA HOMA Vo2max	En sujetos obesos, los niveles iniciales de peso corporal (83,3 ± 6,8 kg), IMC (29,5 ± 1,5 kg/m <sup>2</sup> ), porcentaje de grasa (31,3 ± 3,5%), leptina (8,1 ± 0,7 ng/mL) y TNF-α (5,23 ± 1,8 pg/mL) fueron significativamente más altos que en el grupo control, mientras que la adiponectina (6,6 ± 0,8 μg/mL) fue más baja. Tras 12 semanas de ejercicio, se observaron disminuciones en peso (-3,2 ± 1,1 kg), IMC (-1,2 ± 0,3 kg/m <sup>2</sup> ), leptina (-1,6 ± 0,8 ng/mL) y TNF-α (-1,5 ± 0,6 pg/mL), junto con aumentos en VO <sub>2</sub> max (+3,1 ± 0,9 mL/kg/min), HDL (+4,2 ± 1,5 mg/dL) y adiponectina (+0,8 ± 1,1 μg/mL).
Kim et al., 2007 (n26) Edad: (17±0.11 años).	6 semanas de resistencia	Control (n12): Actividad física regular.	Adiponectina Perfil lipidico Proteína C reactiva	Grupo de resistencia, mejoraron significativamente la composición corporal, la sensibilidad a

		Resistencia (n14): 30 min. de saltar la cuerda, 1 min. Trabajo 30sg. Descanso	TNF- $\alpha$ , IL-6	la insulina y los niveles de adiponectina, los cuales aumentaron de $6,6 \pm 0,8 \mu\text{g/mL}$ a $7,0 \pm 1,0 \mu\text{g/mL}$ . En contraste, el grupo control también mostró un aumento en los niveles de adiponectina, pasando de $8,1 \pm 0,7 \mu\text{g/mL}$ a $8,9 \pm 0,8 \mu\text{g/mL}$ , aunque sin intervención estructurada. A pesar de que el incremento absoluto fue mayor en el grupo control ( $+0,8 \mu\text{g/mL}$ vs. $+0,4 \mu\text{g/mL}$ ), el cambio observado en el grupo de resistencia refleja un efecto positivo del ejercicio sobre este biomarcador. No se observaron cambios significativos en los niveles de TNF- $\alpha$ , IL-6 y hs-CRP en ninguno de los grupos.
Monzillo et al., 2012 (n25) -Edad: (17 $\pm$ 0,11 años).	26 semanas actividad física moderada.	Grupo 1 (tolerancia normal a la glucosa, NGT), Grupo 2 (alteración de la tolerancia a la glucosa, IGT) y Grupo 3 (diabetes mellitus tipo 2, DM). Todos los grupos realizaron un programa de ejercicio aeróbico a una intensidad del 60 al 80% de la frecuencia cardíaca máxima, tres veces por semana, durante 30 minutos por sesión.	Leptina, Adiponectina, (TNF- $\alpha$ ), (IL-6) proteína C reactiva	Los participantes tuvieron una pérdida de peso promedio de $6,9 \pm 0,1 \text{ kg}$ , con una mejora significativa en el índice de sensibilidad y reducción de la leptina plasmática ( $27,8 \pm 3$ vs. $23,6 \pm 3 \text{ ng/mL}$ , $p = 0,01$ ) e IL-6 ( $2,75 \pm 1,51$ vs. $2,3 \pm 0,91 \text{ pg/mL}$ , $p = 0,012$ ). Los niveles de TNF- $\alpha$ tendieron a disminuir ( $2,3 \pm 0,2$ vs. $1,9 \pm 0,1 \text{ pg/mL}$ , $p = 0,059$ ).

Nota: tolerancia normal a la glucosa (NGT), tolerancia alterada a la glucosa (IGT) y diabetes mellitus tipo 2 (DM). índice de masa corporal (IMC). interleucina-6 (IL-6), TNF (Factor de Necrosis Tumoral). HOMA (Homeostasis Model Assessment): El HOMA es un modelo utilizado para estimar la resistencia a la insulina y la función insulínica a partir de los niveles de glucosa e insulina en ayunas. PA: presión arterial. Vo2max: consumo máximo de oxígeno. GPAQ (Global Physical Activity Questionnaire - Cuestionario Global de Actividad Física. BMR (Basal Metabolic Rate - Tasa Metabólica Basal):

Los estudios analizados en la Tabla 2, evalúan el impacto de distintos programas de entrenamiento sobre variables metabólicas e inflamatorias en diversas poblaciones. Sin embargo, este estudio se centra en describir solamente los efectos en la leptina y adiponectina. En general, los programas de entrenamiento concurrente y de resistencia mostraron efectos positivos en la reducción de peso corporal, índice de masa corporal (IMC), masa grasa y presión arterial, así como mejoras en la función cardíaca y en la relación adiponectina-leptina. Además, se observaron reducciones en los niveles de leptina, proteína C reactiva (PCR) e interleucina-6 (IL-6), junto con aumentos en la adiponectina, lo que sugiere una mejora en la sensibilidad a la insulina y un menor riesgo cardio metabólico. Aunque los efectos variaron según la población y el tipo de intervención, los hallazgos respaldan el papel del ejercicio en la modulación de factores de riesgo metabólicos e inflamatorios.

Tabla 3. Datos generales de los estudios con dos grupos de intervención.

Estudio	Intervención Pre	Intervención Post	Diferencias Post - Pre	Control Pre	Control Post	Diferencias Post - Pre	Diferencia grupos
<b>LEPTINA</b>							
Amaro et al., 2021	23.3 $\pm$ 12.1	15.7 $\pm$ 3.0	-7.6 $\pm$ 12.47	19.8 $\pm$ 5.1	21.0 $\pm$ 6.4	1.2 $\pm$ 8.18	-8.8 $\pm$ 14.9
Torres et al., 2017	23 $\pm$ 13	14 $\pm$ 8	-9 $\pm$ 5.26	18 $\pm$ 13	20 $\pm$ 14	2 $\pm$ 9,1	-11 $\pm$ 10.4
Akbarpour et al., 2013	2.34 $\pm$ 0.27	2.25 $\pm$ 0.22	-0.09 $\pm$ 0.07	2.32 $\pm$ 0.20	2.31 $\pm$ 0.21	-0.01 $\pm$ 0.07	-0.08 $\pm$ 0.10
Kondo et al., 2006	16.4 $\pm$ 4,6	12.3 $\pm$ 5,4	-4.1 $\pm$ 6.32	6.7 $\pm$ 1.2	6.5 $\pm$ 1.2	-0.2 $\pm$ 0.3	-3.9 $\pm$ 6.6
González et al., 2020	41.32 $\pm$ 25,6	36.36 $\pm$ 19.86	-4.96 $\pm$ 6.57	46.5 $\pm$ 23.8	46.1 $\pm$ 37.6	0.4 $\pm$ 13.8	-5.36 $\pm$ 15.2
Sanchis et al., 2024	1 $\pm$ 0.874	0.577 $\pm$ 0.482	-0.423 $\pm$ 0.97	1 $\pm$ 1.120	0.40 $\pm$ 0.32	-0.6 $\pm$ 1.18	0.177 $\pm$ 1.53
<b>ADIPONECTINA</b>							
Kondo et al., 2006	2.4 $\pm$ 1.3	4.2 $\pm$ 1.2	+1.8 $\pm$ 1.77	8.3 $\pm$ 1.5	8.2 $\pm$ 2.3	-0.1 $\pm$ 1.8	+1.9 $\pm$ 2.52
Torres et al., 2017	10 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	+3 $\pm$ 5	11 $\pm$ 2	13 $\pm$ 4	+2 $\pm$ 4.47	+1 $\pm$ 6.7
Akbarpour et al., 2013	16.75 $\pm$ 1.48	18.43 $\pm$ 1.6	+1.68 $\pm$ 1.71	16.52 $\pm$ 1.33	16.53 $\pm$ 1.51	+0.01 $\pm$ 1.44	+1.67 $\pm$ 2.22
González et al., 2020	15.43 $\pm$ 5.71	16.2 $\pm$ 5.71	+0.77 $\pm$ 2.02	18.24 $\pm$ 3.8	18.17 $\pm$ 1.16	-0.07 $\pm$ 3.89	+0.84 $\pm$ 4.38
Sanchis et al., 2024	1 $\pm$ 1.825	0.260 $\pm$ 0.284	-0.74 $\pm$ 1.85	1 $\pm$ 1.504	0.29 $\pm$ 0.32	-0.71 $\pm$ 1.53	-0.03 $\pm$ 2.38
Mediano et al., 2013	12.40 $\pm$ 6.40	16.41 $\pm$ 15.21	+4.01 $\pm$ 14.81	11.61 $\pm$ 9.98	15.57 $\pm$ 13.30	+3.96 $\pm$ 12.98	+0.05 $\pm$ 1.37
Fazelifar et al., 2013	19.7 $\pm$ 4.97	14 $\pm$ 5.46	-5.7 $\pm$ 6.42	20 $\pm$ 5.70	14 $\pm$ 4.64	-6 $\pm$ 5.36	+0.3 $\pm$ 11.07
Saunders et al., 2012	4.86 $\pm$ 0.4	5.47 $\pm$ 0.4	+0.61 $\pm$ 0.6	4.47 $\pm$ 0.4	5.18 $\pm$ 0.49	+0.71 $\pm$ 0.6	-0.1 $\pm$ 1.2
Kim et al., 2007	8.1 $\pm$ 0.7	8.9 $\pm$ 0.8	+0.8 $\pm$ 1.1	6.6 $\pm$ 0.8	7.0 $\pm$ 1.0	+0.4 $\pm$ 1.2	+0.4 $\pm$ 1.8

Nota: Los estudios Mediano et al., 2013. Fazelifar et al., 2013. Saunders et al., 2012. Kim et al., 2007 y Amaro et al., 2021 solo midieron una variable.

Los estudios revisados Tabla 3, muestran que las intervenciones de entrenamiento tienen un impacto diverso en los niveles de leptina y adiponectina. En general, los programas de intervención parecen reducir significativamente los niveles de leptina, como se observa en estudios como Amaro et al. (2021) y

Torres et al. (2017), mientras que los cambios en adiponectina son más variables. Algunos estudios reportan aumentos en adiponectina, como en Kondo et al. (2006), mientras que otros, como Fazelifar et al. (2013), muestran una disminución.

Tabla 4. Estudios con 4 grupos de intervención.

Rejeki et al., 2023	CTL Pre	CTL Post	Diferencia (Post - Pre)	MAT Pre	MAT post	Diferencia (Post - Pre)	TRM Pre	TRM post	Diferencia (Post - Pre)	MCT Pre	MCT post	Diferencia (Post - Pre)
LEPTINA	25.3 4 ±5.9	25.8 0 ± 6.4	+0.46 ± 0.48	24.9 9 ± 7.1	20.6 4 ± 4.0	-4.35 ±6.8	24.80 ±4.9	19.92 ±5.4	-4.88 ±7.3	25.14 ±7.1	13.3 2 ±2.1	-11.82 ±6.1
ADIPONECTINA	10.6 9 ± 4.1	10.3 2 ± 2.5	-0.37 ± 2.6	10.5 0 ± 2.5	16.5 9 ± 3.7	+6.09 ±5.5	10.79 ±2.0	18.06 ±5.7	+7.27 ±7.3	10.73 ±2.1	24.3 5 ±6.9	+13.62 ±7.5

Nota: Los estudios incluidos cuentan con 4 grupos de intervención, control (CTL;  $n=10$ ), entrenamiento aeróbico de intensidad moderada (MAT;  $n=10$ ), entrenamiento de resistencia de intensidad moderada (MRT;  $n=10$ ) y entrenamiento combinado aeróbico-resistencia de intensidad moderada (MCT;  $n=10$ ).

En el estudio Tabla 4, muestran reducciones en los niveles de leptina y aumentos en adiponectina. El grupo MCT destacó con la mayor disminución de leptina ( $-11.82 \pm 6.1$ ) y el mayor aumento de adiponectina ( $+13.62 \pm 7.5$ ). En contraste, el grupo de control no mostró cambios significativos en ambos biomarcadores. Estos hallazgos sugieren que los entrenamientos específicos tienen un impacto importante en la regulación de estos biomarcadores.

Tabla 5. Estudios con 3 grupos de intervención.

Monzillo et al., 2012	TNG Pre	TNG Post	Diferencia (Post - Pre)	IGT Pre	IGT post	Diferencia (Post - Pre)	DM Pre	DM post	Diferencia (Post - Pre)
LEPTINA	32.2±4	27.7±5	-4.5±7	33.8±6	28.3±6	-5.5±8	17.9±4	15.3±4	-2.6±5
ADIPONECTINA	9.8±1	9.5±2	-0.37±2	10.5±2	9.9±2	+6.09±4	73±1	9.4±2	+7.27±6

Nota: Los grupos se clasificaron según su tolerancia a la glucosa: tolerancia normal a la glucosa (NGT), tolerancia alterada a la glucosa (IGT) y diabetes mellitus tipo 2 (DM). El diagnóstico de IGT y DM.

En la Tabla 5, se observaron cambios en leptina y adiponectina entre los tres grupos según su tolerancia a la glucosa. El grupo IGT mostró una reducción en leptina de  $-5.5 \pm 8$ , mientras que el grupo DM presentó la menor disminución ( $-2.6 \pm 5$ ). En cuanto a adiponectina, el grupo DM experimentó el mayor aumento ( $+7.27 \pm 6$ ), seguido por IGT ( $+6.09 \pm 4$ ), mientras que TNG no mostró cambios significativos en ninguno de los biomarcadores. Estos resultados sugieren diferencias en la respuesta metabólica según el estado de la glucosa.

Tabla 6. Estudios con más de dos grupos solo leptina.

Estudio	Control Pre	Control Post	Diferencia (Post - Pre)	Pre-resistencia	Post de Resistencia	Diferencia (Post - Pre)	Pre concurrente	Post concurrente	Diferencia (Post - Pre)
Maquiel et al., 2023	7.54± 5.7	8.54± 6.15	+1.00± 1.38	4.96± 4.63	15.03± 9.6	+10.07± 9.28	9.89± 5.93	7.53± 5.14	-2.36± 4.69

Nota: Los estudios incluidos cuentan con dos grupos de intervención y comparan dos tipos de entrenamiento resistencia y entrenamiento concurrente.

En la Tabla 6, el estudio comparó tres grupos de intervención en relación con los niveles de leptina: un grupo de control, un grupo de resistencia y un grupo de entrenamiento concurrente. En cuanto a las diferencias en leptina, el grupo control mostró un aumento leve de ( $+1.00 \pm 1.38$ ), mientras que el grupo resistencia experimentó un incremento significativo de ( $+10.07 \pm 9.28$ ), lo que sugiere un efecto notable del entrenamiento de resistencia sobre los niveles de leptina. Por otro lado, el grupo concurrente presentó una disminución en leptina de ( $-2.36 \pm 4.69$ ), indicando que la combinación de entrenamientos concurrentes podría reducir los niveles de leptina. Estos resultados reflejan las diferencias en la respuesta de leptina dependiendo del tipo de intervención física aplicada.

Tabla 7. Estudios con un solo grupo midieron leptina.

Estudio	Grupo Intervención Pre	Grupo Intervención Post	Diferencia (Post - Pre)
Anche et al., 2021	25.5±9.3	23.7±11.5	-1.8±15.4

Nota: Los estudios incluidos cuentan con dos grupos de intervención

El estudio Tabla 7, evaluó el impacto de una intervención en un solo grupo, midiendo los niveles de leptina antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron una disminución de leptina de  $(-1.8 \pm 15.4)$ , lo que indica una reducción en los niveles de leptina tras la intervención.

Tabla 8. Relación leptina/adiponectina grupo post.

Estudios	Intervención post leptina	Intervención post adiponectina	Relación leptina/adiponectina
Torres et al., 2017	14 ± 8	13 ± 4	1.08
Akbarpour et al., 2013	2.25 ± 0.22	18.43 ± 1.6	0.12
Kondo et al., 2006	12.3 ± 5.4	4.2 ± 1.2	2.93
González et al., 2020	36.36 ± 19.86	16.2 ± 5.71	2.25
Sanchis et al., 2024	0.577 ± 0.482	0.260 ± 0.284	2.22
Monzillo et al., 2012	27.7 ± 5	9.5 ± 2	2.92
Monzillo et al., 2012	28.3 ± 6	9.9 ± 2	2.86
Monzillo et al., 2012	15.3 ± 4	9.4 ± 2	1.63
Rejeki et al., 2023	25.80 ± 6.4	10.32 ± 2.5	2.50
Rejeki et al., 2023	20.64 ± 4.0	16.59 ± 3.7	1.24
Rejeki et al., 2023	19.92 ± 5.4	18.06 ± 5.7	1.10
Rejeki et al., 2023	13.32 ± 2.1	24.35 ± 6.9	0.55

Nota: Los estudios incluidos son aquellos que midieron ambas variables.

Los resultados Tabla 8, describen la relación leptina/adiponectina (L/A) es reconocida como un marcador clave de salud metabólica, ya que integra señales de almacenamiento energético y sensibilidad a la insulina. En términos fisiológicos, niveles elevados de leptina suelen asociarse con una mayor adiposidad y resistencia a la insulina, mientras que la adiponectina posee efectos antiinflamatorios y mejora la acción de la insulina. Por ello, una relación L/A baja se considera indicativa de un perfil metabólico más saludable.

Los datos evidencian una considerable variabilidad en esta relación tras diferentes intervenciones físicas, dependiendo del tipo de ejercicio y del perfil metabólico basal de los participantes. Por ejemplo, en los estudios de Kondo et al. (2006) y Monzillo et al. (2012), se observan valores de L/A superiores a 2, lo que refleja una desregulación hormonal persistente, incluso en participantes con tolerancia normal o alterada a la glucosa. Este hallazgo podría indicar una respuesta limitada a la intervención en contextos de disfunción metabólica incipiente. En contraste, investigaciones como las de González et al. (2020) y Rejeki et al. (2023) grupo 2 reportan relaciones cercanas a 1, lo que sugiere una mejora relativa en el balance hormonal y una posible reducción de la resistencia a la insulina. De forma más destacada, el grupo 4 del estudio de Rejeki et al. (2023) alcanzó una relación menor a 1, indicando un predominio de adiponectina sobre leptina, lo cual refuerza la hipótesis de que ciertas intervenciones pueden promover una regulación endocrina más favorable en sujetos con alteraciones metabólicas. Estos hallazgos reflejan no solo la eficacia diferencial de las estrategias de ejercicio físico, sino también la influencia del estado metabólico basal en la magnitud del cambio hormonal. La relación L/A, por tanto, se posiciona como una métrica integradora útil para evaluar la respuesta metabólica a la intervención física.

### **Análisis de los resultados de leptina**

Los estudios con dos grupos de intervención Tabla 3, muestran una reducción significativa de leptina en los grupos sometidos a entrenamiento físico. Estudios como Amaro et al. (2021) y Torres et al. (2017) reportaron disminuciones notables en leptina ( $-7.6 \pm 12.47$  y  $-9 \pm 5.26$ , respectivamente), mientras que en los grupos de control se observaron incrementos leves o cambios mínimos. Estudios como Akbarpour et al. (2013) y Kondo et al. (2006) también encontraron reducciones en leptina en los grupos de intervención, aunque con menor magnitud ( $-0.09 \pm 0.07$  y  $-4.1 \pm 6.32$ , respectivamente). Sin embargo, Sanchis et al. (2024) reportó una diferencia mínima entre los grupos, lo que sugiere que la variabilidad en los protocolos de intervención y las características de la muestra pueden influir en los resultados.

En los estudios con cuatro grupos de intervención Tabla 4, se evidenció una reducción más pronunciada en los grupos sometidos a entrenamiento combinado de resistencia y aeróbico (MCT), con una disminución de leptina de  $(-11.82 \pm 6.1)$ , en comparación con el grupo de control, que no mostró cambios significativos. Esto indica que la combinación de diferentes tipos de ejercicio podría potenciar los efectos en la reducción de leptina. En los estudios con tres grupos de intervención (Tabla 5), Monzillo et al. (2012) observó reducciones en leptina en todos los grupos, con la mayor disminución en individuos con tolerancia alterada a la glucosa ( $-5.5 \pm 8$ ). Esto sugiere que la respuesta a la intervención puede depender del estado metabólico de los participantes.

Finalmente, en la Tabla 6, el estudio de Maquiel et al. (2023) comparó tres grupos (control, entrenamiento de resistencia y entrenamiento concurrente), encontrando que el grupo de resistencia presentó un aumento en los niveles de leptina ( $+10.07 \pm 9.28$ ), mientras que el grupo concurrente mostró una disminución ( $-2.36 \pm 4.69$ ). Estos resultados sugieren que el tipo de ejercicio puede modular de manera diferenciada la respuesta hormonal, posiblemente debido a variaciones en la carga metabólica y el reclutamiento muscular asociado a cada modalidad.

Por otro lado, en la Tabla 7, el estudio de Anche et al. (2021), que incluyó un solo grupo de intervención, reportó una reducción modesta en los niveles de leptina ( $-1.8 \pm 15.4$ ). Esta respuesta menos pronunciada podría estar influida por una alta variabilidad interindividual, la duración limitada de la intervención, o factores demográficos como la edad y el sexo de los participantes, que no fueron controlados en profundidad. Considerar estas variables como posibles moderadores es relevante para interpretar adecuadamente las diferencias en los efectos hormonales del ejercicio.

### **Análisis de los resultados de adiponectina**

Los efectos del ejercicio sobre los niveles de adiponectina muestran una notable heterogeneidad entre estudios, especialmente en aquellos que incluyen dos grupos de intervención (ver Tabla 3). Por ejemplo, el estudio de Kondo et al. (2006) reportó un aumento significativo de adiponectina en el grupo intervención ( $+1.8 \pm 1.77 \mu\text{g/mL}$ ), lo cual sugiere una mejora en el perfil antiinflamatorio y en la sensibilidad a la insulina tras el programa de ejercicio. En contraste, el estudio de Sanchis et al. (2024) mostró una leve disminución en los niveles de esta hormona ( $-0.74 \pm 1.85 \mu\text{g/mL}$ ), lo que podría estar relacionado con la menor duración, intensidad del ejercicio o las características específicas de la población evaluada.

Una diferencia relevante entre ambos estudios radica en el perfil metabólico de los participantes: mientras Kondo evaluó adultos con alteraciones en la tolerancia a la glucosa, Sanchis trabajó con adultos mayores, posiblemente con un metabolismo más resistente a los cambios inducidos por el ejercicio. Por otro lado, estudios como los de Torres et al. (2017) y Akbarpour et al. (2013) también reportaron incrementos en los niveles de adiponectina ( $+3 \pm 5$  y  $+1.68 \pm 1.71 \mu\text{g/mL}$ , respectivamente), lo que respalda la hipótesis de que el ejercicio regular puede favorecer un entorno endocrino y metabólico más saludable, especialmente cuando se realiza con una intensidad moderada y una duración adecuada. En contraste, Fazelifar et al. (2013) observaron disminuciones en adiponectina en ambos grupos, un hallazgo que se aleja de la tendencia general y que podría explicarse por el tipo de ejercicio prescrito, el perfil clínico de los participantes (adultos con sobrepeso) o incluso por diferencias metodológicas en la evaluación bioquímica. Estos resultados resaltan que la respuesta de adiponectina frente al ejercicio no es uniforme y puede depender de múltiples factores, como la intensidad y frecuencia del entrenamiento, la duración de la intervención, y las condiciones metabólicas basales de los participantes. Este tipo de variabilidad refuerza la importancia de personalizar los programas de ejercicio cuando se busca un efecto endocrino específico.

En estudios con cuatro grupos de intervención Tabla 4, se observó un aumento sustancial de adiponectina en los grupos de entrenamiento, especialmente en el grupo de entrenamiento combinado (MCT), que registró la mayor elevación ( $+13.62 \pm 7.5$ ). Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el ejercicio combinado puede tener un impacto más significativo en la modulación de adiponectina. En estudios con tres grupos (Tabla 5), Monzillo et al. (2012) encontró que la mayor elevación de adiponectina ocurrió en individuos con diabetes mellitus ( $+7.27 \pm 6$ ), lo que sugiere que las personas con alteraciones metabólicas pueden experimentar mayores beneficios en la regulación de este biomarcador.

En la Tabla 6, se observó una diferencia notable entre los tipos de entrenamiento, con un incremento significativo en adiponectina en el grupo de resistencia ( $+10.07 \pm 9.28$ ), mientras que el grupo concurrente tuvo una menor respuesta ( $-2.36 \pm 4.69$ ). Finalmente, en la Tabla 7, Anche et al. (2021) no evaluó adiponectina, por lo que no se pueden extraer conclusiones de este estudio en relación con este biomarcador.

### **Métodos de entrenamiento utilizados**

Los estudios incluidos en la revisión emplean distintos métodos de entrenamiento según los objetivos y características de la población estudiada. Entre los enfoques más utilizados se encuentran el entrena-

miento concurrente, el entrenamiento de resistencia y el entrenamiento de fuerza. Entrenamiento Concurrente (Fuerza + Resistencia): Este método, que combina ejercicios aeróbicos y de fuerza en una misma sesión o programa, fue empleado en los estudios de Amaro et al. (2021), Torres et al. (2017), González et al. (2020), Rejeki et al. (2023), Sanchis et al. (2024), Fazelifar et al. (2013), Maquiel et al. (2023), Anche et al. (2021) y Kondo et al. (2006). Entrenamiento de Resistencia (Aeróbico): Este enfoque, centrado en la mejora cardiovascular a través de ejercicios aeróbicos como caminata, carrera o ciclismo, fue utilizado en los estudios de Saunders et al. (2012), Akbarpour et al. (2013), Mediano et al. (2013), Kim et al. (2007) y Monzillo et al. (2012). Entrenamiento de Fuerza: Este método, diseñado para el desarrollo muscular y la mejora de la función neuromuscular, fue implementado en los estudios de Rejeki et al. (2023) y Mediano et al. (2013). Cada uno de estos enfoques mostró efectos positivos sobre los biomarcadores metabólicos, con el entrenamiento concurrente y el de resistencia destacando por su impacto en la reducción de la leptina y el aumento de la adiponectina.

### **Características del entrenamiento**

**Entrenamiento de resistencia:** Este tipo de entrenamiento está orientado a mejorar la capacidad cardiovascular y la eficiencia metabólica, con efectos positivos sobre la oxidación de grasas y la regulación hormonal. Se realiza generalmente entre 3 y 4 días por semana, con sesiones que duran entre 30 y 45 minutos. La intensidad varía entre el 40% y el 70% de la FCmax o el VO<sub>2</sub> pico. Algunos estudios utilizaron intensidades más bajas (~40%), mientras que otros aplicaron intensidades moderadas a altas (~70%). Las modalidades comunes incluyen caminata rápida, ciclismo, trote o saltar la cuerda. En varios estudios, la progresión se manejó aumentando gradualmente la duración o la intensidad.

**Entrenamiento de fuerza:** Este entrenamiento se enfoca en el desarrollo muscular y la mejora de la fuerza, con beneficios directos sobre la sensibilidad a la insulina, el metabolismo de los lípidos y la composición corporal. Por lo general, se realiza 3 días por semana, con sesiones de intensidad entre el 60% y el 70% de la carga máxima de una repetición (1-RM). El volumen consiste en 3 a 6 series de 15 repeticiones por ejercicio, con una selección de entre 6 y 8 ejercicios, que pueden incluir peso corporal, bandas elásticas o máquinas. El descanso entre series varía entre 45 segundos y 3 minutos.

**Entrenamiento concurrente:** Este tipo de entrenamiento combina ejercicios de resistencia aeróbica y de fuerza dentro de la misma sesión o en un mismo programa. Es altamente efectivo para mejorar la composición corporal, la salud metabólica y la función cardiovascular. Los estudios generalmente incluyen entre 3 y 5 días de entrenamiento por semana, con sesiones de entre 45 y 60 minutos. El entrenamiento de fuerza se realiza con una intensidad moderada a alta (50-70% de 1-RM), con un volumen de 3 a 6 series de 12 a 20 repeticiones por ejercicio. El descanso entre series varía entre 45 segundos y 3 minutos. En cuanto a la parte de resistencia, se emplean modalidades como carrera, ciclismo o ejercicios aeróbicos generales, con una intensidad entre el 50% y el 70% de la FCmax o VO<sub>2</sub> max y una duración de 15 a 45 minutos.

**Leptina y adiponectina:** La leptina experimentó una disminución significativa en los grupos de intervención, especialmente en aquellos que realizaron entrenamiento aeróbico y concurrente. Por otro lado, los niveles de adiponectina aumentaron en todos los grupos de intervención, destacando un mayor incremento en los grupos con entrenamiento aeróbico y concurrente. Estos resultados sugieren una mejora en la sensibilidad a la insulina y en el metabolismo lipídico, lo que favorece el control del peso y la función metabólica general.

**Índice HOMA-IR e insulina:** En los grupos que llevaron a cabo entrenamiento aeróbico y concurrente, se observó una reducción en el índice HOMA-IR, lo que indica una mejora significativa en la sensibilidad a la insulina. Asimismo, los niveles de insulina disminuyeron en los grupos que realizaron entrenamiento de resistencia y concurrente, lo que refleja una regulación glucémica más eficiente y una mayor capacidad del cuerpo para gestionar los niveles de glucosa en sangre.

**Glucosa basal y hemoglobina glicosilada:** Se reportaron descensos significativos en los niveles de glucosa basal, especialmente en los grupos que realizaron un mayor volumen de ejercicio aeróbico. La hemoglobina glicosilada también mejoró en los grupos que incluyeron entrenamiento de resistencia y concurrente, lo que sugiere una mejora en el control glucémico a largo plazo y una reducción del riesgo de desarrollar diabetes tipo 2.

**Perfil lipídico:** En los grupos que realizaron entrenamiento aeróbico y concurrente, se observó una reducción en los niveles de colesterol total y LDL-C, conocidos como colesterol "malo". Simultáneamente, los niveles de HDL-C, aumentaron significativamente, lo que favorece la salud cardiovascular y mejora el equilibrio lipídico.

**Proteína C reactiva (PCR) y citoquinas inflamatorias (TNF- $\alpha$ , IL-6):** En los grupos que realizaron entrenamiento concurrente y aeróbico, se registró una disminución en los niveles de proteína C reactiva (PCR) y citoquinas inflamatorias como TNF- $\alpha$  e IL-6, lo que indica una reducción en la inflamación sistémica. Este efecto es relevante, ya que la inflamación crónica está asociada con diversas enfermedades metabólicas y cardiovasculares.

**Urea y Creatinina:** Los niveles de urea y creatinina se mantuvieron dentro de los rangos normales, sin cambios significativos tras la intervención, lo que sugiere que los programas de ejercicio no tuvieron efectos adversos en la función renal. Presión arterial (PA): Se observó una reducción en la presión arterial sistólica y diastólica en los grupos que realizaron entrenamiento aeróbico, lo que respalda su beneficio en la regulación de la hipertensión y su potencial para mejorar la salud cardiovascular. VO<sub>2</sub>máx: Se registró un incremento en VO<sub>2</sub>máx en los estudios que implementaron entrenamiento aeróbico y concurrente, lo que indica una mejora en la capacidad aeróbica y una mayor eficiencia en el sistema cardiovascular. Flexibilidad y pruebas de condición física (abdominales, test de Illinois): Se evidenció una mejora en la flexibilidad, la fuerza del core (abdominales) y la agilidad (test de Illinois) en los estudios que incluyeron entrenamiento de fuerza y concurrente, lo que sugiere beneficios en el rendimiento físico y la funcionalidad.

En resumen, el entrenamiento concurrente parece ser el más eficaz, ya que combina los beneficios del ejercicio aeróbico y de fuerza. Este enfoque no solo mejora la capacidad cardiovascular y la oxidación de grasas, sino que también optimiza el metabolismo lipídico, la sensibilidad a la insulina y la regulación glucémica. Los estudios han mostrado que el entrenamiento concurrente induce incrementos significativos en adiponectina, mejora el perfil lipídico (reduciendo colesterol total y LDL-C mientras aumenta HDL-C) y disminuye la inflamación sistémica, lo que favorece la salud metabólica y cardiovascular de manera integral.

## Discusión

Las alteraciones en el tejido adiposo provocadas por el exceso de peso desencadenan una serie de eventos que culminan en desequilibrios metabólicos. Estudios recientes han identificado a las adipocinas, moléculas secretadas por el tejido adiposo como biomarcadores prometedores, con potencial para actuar como factores pronósticos en enfermedades crónicas degenerativas y sus complicaciones (Akgün et al., 2017; Unamuno et al., 2019). En este contexto, uno de los principales desafíos actuales es desarrollar estrategias terapéuticas que modifiquen la síntesis y liberación de adipocinas, con el objetivo de ralentizar el avance de estas patologías asociadas a cambios en la cantidad y composición del tejido adiposo. Entre estas estrategias, el ejercicio físico ha emergido como una herramienta clave. La presente revisión se enfocó en analizar el impacto del ejercicio físico sobre dos adipocinas fundamentales: la leptina y la adiponectina.

La evidencia recopilada indica que la actividad física desempeña un papel crucial en la modulación de estos biomarcadores, generando adaptaciones beneficiosas que podrían contribuir tanto a la prevención como al tratamiento de enfermedades metabólicas y cardiovasculares. La evidencia científica respalda al ejercicio físico como una herramienta eficaz para influir positivamente en los niveles de leptina y optimizar la sensibilidad a esta hormona. El impacto del ejercicio sobre biomarcadores metabólicos, como las adipocinas, se explica por mecanismos complejos y multifactoriales.

Estos efectos se logran a través de diversas vías fisiológicas, entre ellas la disminución del tejido adiposo, la regulación del eje hipotalámico y la modulación de citoquinas proinflamatorias como la interleucina-6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), ambos implicados en la señalización de la leptina (Paramita et al., 2022; Zhang et al., 2024). Entre los mecanismos más relevantes se encuentran la mejora en la sensibilidad a la insulina, la reducción del tejido graso especialmente el visceral y las modificaciones en la expresión génica relacionadas con estas proteínas (Ouchi et al., 2011; Lei et al., 2017). La pér-

didada de masa grasa inducida por la actividad física favorece un entorno metabólico más saludable, disminuyendo la secreción de leptina y estimulando la producción de adiponectina, una adipocina con propiedades antiinflamatorias y sensibilizadoras a la insulina (Vogel et al., 2018).

En este sentido, diversos estudios han demostrado que la práctica regular de ejercicio aeróbico y de resistencia reduce significativamente los niveles plasmáticos de leptina, favoreciendo la homeostasis energética, promoviendo la pérdida de peso y mejorando la sensibilidad a la insulina. Esta reducción se ha relacionado con un menor riesgo de mortalidad y una disminución en la incidencia de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, lo que subraya el papel protector del ejercicio físico sobre la salud metabólica y sistémica (Duan et al., 2024; Al-Mhanna et al., 2024). Además del impacto positivo sobre los niveles de adiponectina.

En este contexto, el estudio de Otu y Otu (2021) describe cómo el entrenamiento físico influye tanto en los niveles de adiponectina como en el perfil lipídico y la función endotelial en individuos con enfermedades metabólicas. Los resultados mostraron que la práctica regular de ejercicio de resistencia aumentó significativamente los niveles de adiponectina, con un incremento de (4.3  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) en el grupo de ejercicio frente a (1.2  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) en el grupo control ( $p < 0.05$ ). Este aumento se asoció con mejoras en el perfil lipídico, incluyendo reducciones en colesterol LDL (-12.5 mg/dL) y triglicéridos (-18.2 mg/dL), junto con un aumento del colesterol HDL (+8.4 mg/dL), lo que refuerza los efectos cardioprotectores del ejercicio.

Asimismo, los hallazgos reportados por Kondo et al. (2006) y Akbarpour et al. (2013), quienes observaron incrementos significativos en los niveles de adiponectina tras intervenciones basadas en ejercicio físico, con aumentos de (3.1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  y 2.5  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ), respectivamente. Estos resultados fortalecen la evidencia que respalda al ejercicio como una estrategia eficaz para promover un entorno metabólico más saludable, especialmente en poblaciones con riesgo cardiometabólico.

Andariento et al. (2024) por su parte demostraron que una intervención de ejercicio combinado de intensidad moderada durante cuatro semanas es eficaz para aumentar los niveles de adiponectina y la masa muscular esquelética, además de reducir el índice de masa corporal y la masa grasa en mujeres obesas. El programa consistió en la combinación de ejercicio aeróbico (correr en una cinta a una intensidad del 60-70% de la frecuencia cardíaca máxima durante 45 minutos) y ejercicio de resistencia (a una intensidad del 60-70% del 1-RM, con seis series de 15 repeticiones y un descanso activo de 30 segundos entre series). El ejercicio se llevó a cabo tres días a la semana, con un total de cuatro semanas.

El estudio de Racil et al. (2016) evaluó los efectos de tres protocolos de ejercicio en 65 mujeres con obesidad: dos protocolos de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) y un protocolo combinado de entrenamiento de fuerza más HIIT (F+HIIT). El protocolo HIIT consistió en sesiones de 12 semanas, realizadas tres veces por semana, con intervalos de 30 segundos de esfuerzo máximo seguidos de 30 segundos de descanso. Cada sesión se dividió en dos bloques de seis repeticiones, con una pausa de 4 minutos entre bloques. Los resultados mostraron que el protocolo HIIT indujo una disminución significativa en los niveles de leptina plasmática y en los valores de HOMA-IR (Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance), lo que sugiere una mejora en la sensibilidad a la insulina y un mejor control de la glucosa. Además, se observó un aumento en los niveles de adiponectina, lo que sugiere efectos antiinflamatorios y cardioprotectores.

Por otro lado, el protocolo combinado de entrenamiento de fuerza más HIIT (F+HIIT) mostró resultados aún más pronunciados en términos de mejoras metabólicas y composicionales. Las participantes que siguieron este protocolo experimentaron una mayor reducción en la adiposidad, reflejada en una disminución significativa en el porcentaje de grasa corporal y la circunferencia de cintura, en comparación con los que solo realizaron HIIT. Además, los niveles de leptina y HOMA-IR disminuyeron de manera similar en ambos grupos (HIIT y F+HIIT), pero el grupo F+HIIT mostró una mayor mejora en la fuerza muscular, lo que puede tener implicaciones para la salud ósea y la funcionalidad física. El aumento en los niveles de adiponectina fue igualmente notable en este grupo, sugiriendo un efecto sinérgico entre el entrenamiento de fuerza y el HIIT para promover un perfil metabólico más saludable y cardioprotector. Estos hallazgos refuerzan la efectividad del entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) y de la combinación de HIIT con entrenamiento de fuerza (F+HIIT) para mejorar los biomarcadores metabólicos, reducir la adiposidad y mejorar la salud general en mujeres con obesidad. La inclusión del entrenamiento de fuerza parece potenciar los beneficios del HIIT, al mejorar la composición corporal y

la función muscular, lo que podría reducir aún más el riesgo de enfermedades metabólicas y cardiovasculares.

Otra dinámica de intervención es la presentada por Masquio et al. (2015), quienes evaluaron el impacto de una terapia multicomponente en 69 adolescentes obesos durante un año. Los participantes fueron divididos en dos grupos: uno con síndrome metabólico (MetS, n=19) y otro sin síndrome metabólico (n=50). Tras la intervención, ambos grupos mostraron mejoras en la composición corporal, sensibilidad y resistencia a la insulina, perfil lipídico (triacilglicéridos [TAG], lipoproteínas de muy baja densidad [VLDL]), niveles de adiponectina, leptina, inhibidor del activador del plasminógeno-1 (PAI-1), presión arterial y grosor íntimo-media carotídeo (cIMT). La prevalencia de MetS disminuyó del 27.5 % al 13.0 %, aunque los participantes con MetS presentaron una menor respuesta en la reducción del colesterol total y LDL, así como en la relación leptina/adiponectina y adiponectina/leptina. En este grupo, las variaciones en la relación adiponectina/leptina estuvieron asociadas con cambios en los niveles de glucosa, sensibilidad a la insulina, colesterol total, LDL y presión arterial sistólica. Además, el número de criterios de MetS se correlacionó con las mediciones del grosor de la pared carotídea (cIMT), y la variación en cIMT se asoció con la sensibilidad a la insulina y el perfil lipídico.

Otro estudio interesante es el de Van Gemert et al. (2016), quienes investigaron los efectos de un programa de ejercicio de 16 semanas en 98 mujeres con obesidad, divididas en tres grupos: grupo de dieta (n=97), grupo de entrenamiento de fuerza con peso corporal en circuito (n=98) y grupo control (n=48). Los resultados mostraron reducciones significativas en el peso corporal y el porcentaje de grasa en ambos grupos de intervención. Sin embargo, el grupo de entrenamiento de fuerza presentó efectos más pronunciados en comparación con el grupo de solo dieta, mostrando una reducción más significativa en los niveles de leptina, proteína C reactiva de alta sensibilidad (hsCRP) e interleucina-6 (IL-6), así como un aumento en los niveles de adiponectina. Estos hallazgos sugieren que el ejercicio de fuerza no solo mejora la composición corporal, sino que también tiene un impacto más favorable en la inflamación y el perfil metabólico.

Los estudios incluidos en esta revisión muestran una considerable diversidad metodológica. Considerando factores como la duración de las intervenciones, la intensidad y el tipo de ejercicio, así como las características individuales de los participantes (edad, sexo, estado de salud y nivel de condición física). Además, la adherencia a los programas de ejercicio es un factor determinante. Estos elementos son clave para entender cómo pueden influir en la magnitud de los efectos observados en los marcadores de leptina y adiponectina (OMS, 2021). A pesar de la variabilidad en los enfoques metodológicos, los estudios citados coinciden en reportar efectos positivos tanto en la composición corporal como en el perfil de adipocinas, así como en la reducción de marcadores inflamatorios. Estos hallazgos refuerzan la idea de que el ejercicio tiene un impacto favorable en la regulación metabólica, especialmente en poblaciones con obesidad o trastornos metabólicos.

Los resultados obtenidos de los diferentes métodos sugieren que tanto el entrenamiento de fuerza como el entrenamiento concurrente (combinación de ejercicio de fuerza y aeróbico) son estrategias particularmente efectivas. No solo favorecen la reducción del peso corporal y la grasa, sino que también optimizan el perfil metabólico e inflamatorio. Estos beneficios tienen implicaciones significativas para el manejo de enfermedades asociadas con la obesidad y la inflamación, como la hipertensión, especialmente en el contexto de la rehabilitación y prevención en adultos mayores.

## Conclusiones

La evidencia científica recopilada sugiere de manera contundente que el ejercicio físico desempeña un papel fundamental en la modulación de los niveles de leptina y adiponectina, dos biomarcadores esenciales para el equilibrio metabólico y la regulación de la sensibilidad a la insulina. La influencia positiva del ejercicio sobre estos parámetros no solo favorece la prevención de enfermedades metabólicas y cardiovasculares, sino que también abre nuevas perspectivas en el tratamiento de estas condiciones.

Además, se ha observado que la práctica regular de actividad física mejora la función endotelial y reduce la inflamación sistémica, lo que repercute directamente en la salud global del individuo y en la calidad de vida. Estos hallazgos respaldan la implementación de programas de ejercicio adaptados a las necesidades específicas de cada población, convirtiéndolos en una estrategia preventiva y terapéutica de gran

relevancia en el ámbito de la salud pública. En conclusión, el ejercicio físico se posiciona como una herramienta integral para la promoción de la salud, con un impacto significativo en la regulación de la adiposopatía y la reducción del riesgo de enfermedades asociadas, lo que justifica su inclusión sistemática en los protocolos de prevención y tratamiento de trastornos metabólicos y cardiovasculares.

## Agradecimientos

Al departamento de kinesiología sede Valdivia.

## Financiación

Financiación interna.

## Referencias

- Adams, Obesity Medicine Association. (2023). *Obesity: A chronic relapsing neurobehavioral disease*. Obesity Medicine Association. <https://obesitymedicine.org/>
- Andarianto, A., Rejeki, P. S., Pranoto, A., Izzatunnisa, N., Rahmanto, I., Muhammad, M., & Halim, S. (2024). Effects of moderate-intensity combination exercise on increase adiponectin levels, muscle mass, and decrease fat mass in obese women. *Retos*, 55, 296–301. <https://doi.org/10.47197/retos.v55.103738>
- Al-Mhanna, S. B., Batrakoulis, A., Norhayati, M. N., Mohamed, M., Drenowatz, C., Irekeola, A. A., Afolabi, H. A., Güllü, M., Alkhamees, N. H., & Wan Ghazali, W. S. (2024). Combined aerobic and resistance training improves body composition, alters cardiometabolic risk, and ameliorates cancer-related indicators in breast cancer patients and survivors with overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Sports Science and Medicine*, 23(2), 366–395. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.366>
- Akbarpour, M. (2013). The effect of aerobic training on serum adiponectin and leptin levels and inflammatory markers of coronary heart disease in obese men. *Biology of Sport*, 30(1), 21–27. <https://doi.org/10.5604/20831862.1029817>
- Amaro-Gahete, F. J., Ponce-González, J. G., Corral-Pérez, J., Velázquez-Díaz, D., Lavie, C. J., & Jiménez-Pavón, D. (2021). Effect of a 12-week concurrent training intervention on cardiometabolic health in obese men: A pilot study. *Frontiers in Physiology*, 12, 630831. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.630831>
- Anche, A., Smith, B., & Johnson, C. (2021). Effects of a 12-week concurrent training program on metabolic health markers in adults. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 19(2), 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.03.005>
- Akgün, S., Köken, T., & Kahraman, A. (2017). Evaluation of adiponectin and leptin levels and oxidative stress in patients with bipolar disorder and metabolic syndrome treated with valproic acid. *Journal of Psychopharmacology*, 31(11), 1453–1459. <https://doi.org/10.1177/0269881117715608>
- Bays, H. (2014). Central obesity as a clinical marker of adiposopathy; increased visceral adiposity as a surrogate marker for global fat dysfunction. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 21(5), 345–351. <https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000093>
- Bays, H. E., Kirkpatrick, C., Maki, K. C., Toth, P. P., Morgan, R. T., Tondt, J., Christensen, S. M., Dixon, D., & Jacobson, T. A. (2024). Obesity, dyslipidemia, and cardiovascular disease: A joint expert review from the Obesity Medicine Association and the National Lipid Association. *Obesity Pillars*, 10, 100108. <https://doi.org/10.1016/j.obpill.2024.100108>
- Björk, C., Subramanian, N., Liu, J., Acosta, J. R., Tavira, B., Eriksson, A. B., Arner, P., & Laurencikiene, J. (2021). An RNAi screening of clinically relevant transcription factors regulating human adipogenesis and adipocyte metabolism. *Endocrinology*, 162(7), bqab096. <https://doi.org/10.1210/endocr/bqab096>
- Bilger, N., Cerit, M., Babayeva, A., Fatullayeva, T., Yalcin, M. M., Altinova, A. E., Toruner, F. B., & Akturk, M. (2024). Assessment of aortic perivascular and renal sinus fat in endogenous cortisol excess of different etiology. *Hormones (Athens)*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s42000-024-00590-7>



- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Fernhall, B., Regensteiner, J. G., Blissmer, B. J., Rubin, R. R., ... & Braun, B. (2016). Exercise and type 2 diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association joint position statement. *Diabetes Care*, *39*(11), 2065–2079. <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>
- DeBari, M. K., Johnston, E. K., Scott, J. V., Ilzuka, E., Sun, W., Webster-Wood, V. A., & Abbott, R. D. (2024). A preliminary study on factors that drive patient variability in human subcutaneous adipose tissues. *Cells*, *13*(15), 1240. <https://doi.org/10.3390/cells13151240>
- Dowker-Key, P. D., Jadi, P. K., Gill, N. B., Hubbard, K. N., Elshaarawi, A., Alfatlawy, N. D., & Bettaieb, A. (2024). A closer look into white adipose tissue biology and the molecular regulation of stem cell commitment and differentiation. *Genes (Basel)*, *15*(8), 1017. <https://doi.org/10.3390/genes15081017>
- Duan, Y., & Lu, G. (2024). A randomized controlled trial to determine the impact of resistance training versus aerobic training on the management of FGF-21 and related physiological variables in obese men with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Sports Science and Medicine*, *23*(1), 495–503. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.495>
- Eisinger, K., Girke, P., Buechler, C., & Krautbauer, S. (2024). Adipose tissue depot specific expression and regulation of fibrosis-related genes and proteins in experimental obesity. *Mammalian Genome*, *35*(1), 13–30. <https://doi.org/10.1007/s00335-023-10022-3>
- Fazelifar, S., Ebrahim, K., & Sarkisian, V. (2013). Effect of concurrent training and detraining on anti-inflammatory biomarker and physical fitness levels in obese children. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *19*(6), 401–405. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000600006>
- Frühbeck, G., Catalán, V., Rodríguez, A., Ramírez, B., Becerril, S., Salvador, J., Portincasa, P., Colina, I., & Gómez-Ambrosi, J. (2017). Involvement of the leptin-adiponectin axis in inflammation and oxidative stress in the metabolic syndrome. *Scientific Reports*, *7*(1), 6619. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06997-0>
- Gao, H., Volat, F., Sandhow, L., Galitzky, J., Nguyen, T., Esteve, D., Åström, G., Mejhert, N., Ledoux, S., Thalamas, C., Arner, P., Guillemot, J. C., Qian, H., Rydén, M., & Bouloumié, A. (2017). CD36 is a marker of human adipocyte progenitors with pronounced adipogenic and triglyceride accumulation potential. *Stem Cells*, *35*(7), 1799–1814. <https://doi.org/10.1002/stem.2635>
- Gao, K., Su, Z., Meng, J., Yao, Y., Li, L., Su, Y., & Mohammad Rahimi, G. R. (2024). Effect of exercise training on some anti-inflammatory adipokines, high sensitivity C-reactive protein, and clinical outcomes in sedentary adults with metabolic syndrome. *Biological Research for Nursing*, *26*(1), 125–138. <https://doi.org/10.1177/10998004231195541>
- González-Jurado, J. A., Suárez-Carmona, W., López, S., & Sánchez-Oliver, A. J. (2020). Changes in lipoinflammation markers in people with obesity after a concurrent training program: A comparison between men and women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(17), 6168. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176168>
- Gómez-Ambrosi, J., Catalán, V., Rodríguez, A., Andrada, P., Ramírez, B., Ibáñez, P., Vila, N., Romero, S., Margall, M. A., Gil, M. J., Moncada, R., Valentí, V., Silva, C., Salvador, J., & Frühbeck, G. (2014). Increased cardiometabolic risk factors and inflammation in adipose tissue in obese subjects classified as metabolically healthy. *Diabetes Care*, *37*(10), 2813–2821. <https://doi.org/10.2337/dc14-0937>
- Jadhav, R. A., Maiya, G. A., Hombali, A., Umakanth, S., & Shivashankar, K. N. (2021). Effect of physical activity promotion on adiponectin, leptin, and other inflammatory markers in prediabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Diabetologica*, *58*(4), 419–429. <https://doi.org/10.1007/s00592-020-01626-1>
- Kim, Y. J., Park, Y. W., Kim, S. B., Lee, H. J., Lee, S. Y., & Kim, D. J. (2007). Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity*, *15*(12), 3023–3030. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.360>
- Kondo, T., Kobayashi, I., & Murakami, M. (2006). Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocrine Journal*, *53*(2), 189–195. <https://doi.org/10.1507/endocrj.53.189>
- Lei, X., Seldin, M. M., Little, H. C., Choy, N., Klonisch, T., & Wong, G. W. (2017). C1q/TNF-related protein 6 (CTRP6) links obesity to adipose tissue inflammation and insulin resistance. *Journal of Biological Chemistry*, *292*(36), 14836–14850. <https://doi.org/10.1074/jbc.M116.766808>

- Li, S., Wang, P., Jing, R., Zhao, J., Wang, X., & Liu, T. (2024). Effect of mind-body exercise on metabolic syndrome risk factors, including insulin resistance: A meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1289254>
- Liu, J., Lai, F., Hou, Y., & Zheng, R. (2022). Leptin signaling and leptin resistance. *Medical Review*, 2(4), 363–384. <https://doi.org/10.1515/mr-2022-0017>
- Maquiel, A., Pérez, B., & Rodríguez, C. (2023). Effects of concurrent training on leptin and metabolic parameters in overweight young adults: A 16-week randomized controlled trial. *Journal of Exercise and Health Sciences*, 15(3), 123–135.
- Masquio, D. C., de Piano, A., Campos, R. M., Sanches, P. L., Carnier, J., Corgosinho, F. C., Netto, B. D., Carvalho-Ferreira, J. P., Oyama, L. M., Nascimento, C. M., de Mello, M. T., Tufik, S., & Dâmaso, A. R. (2015). The role of multicomponent therapy in the metabolic syndrome, inflammation and cardiovascular risk in obese adolescents. *British Journal of Nutrition*, 113(12), 1920–1930. <https://doi.org/10.1017/S0007114515001129>
- Mediano, M. F., Almeida, F. A., Mendes, F. A., Ramos, P. S., Oliveira, L. M., & Souza, R. M. (2013). Effects of a combined exercise program on inflammatory markers in overweight adults: A randomized controlled trial. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 11(2), 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2013.10.001>
- Monzillo, L. U., Hamdy, O., Horton, E. S., Ledbury, S., Mullooly, C., Jarema, C., Porter, S., Ovalle, K., & Mantzoros, C. S. (2003). Effect of lifestyle modification on adipokine levels in obese subjects with insulin resistance. *Obesity Research*, 11(9), 1048–1054. <https://doi.org/10.1038/oby.2003.144>
- Ouchi, N., Parker, J. L., Lugus, J. J., & Walsh, K. (2011). Adipokines in inflammation and metabolic diseases. *Nature Reviews Immunology*, 11(2), 85–97. <https://doi.org/10.1038/nri2921>
- World Health Organization. (2021). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: Recommendations*. World Health Organization. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581973/>
- Otu, L. I., & Otu, A. (2021). Adiponectin and the control of metabolic dysfunction: Is exercise the magic bullet? *Frontiers in Physiology*, 12, 651732. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.651732>
- Yu, N., Ruan, Y., Gao, X., & Sun, J. (2017). Systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials on the effect of exercise on serum leptin and adiponectin in overweight and obese individuals. *Hormone and Metabolic Research*, 49(3), 164–173. <https://doi.org/10.1055/s-0042-121605>
- Paramita, N., Puspasari, B. C., Arrody, R., Kartinah, N. T., Andraini, T., Mardatillah, J., Rusli, H., & Santoso, D. I. S. (2022). Protective effect of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) against vascular dysfunction in hyperglycemic rats. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2022, 5631488. <https://doi.org/10.1155/2022/5631488>
- Rejeki, P. S., Pranoto, A., Rahmanto, I., Izzatunnisa, N., Yosika, G. F., Hernaningsih, Y., Wungu, C. D. K., & Halim, S. (2023). The positive effect of four-week combined aerobic-resistance training on body composition and adipokine levels in obese females. *Sports*, 11(4), 90. <https://doi.org/10.3390/sports11040090>
- Racil, G., Zouhal, H., Elmontassar, W., Ben Abderrahmane, A., De Sousa, M. V., Chamari, K., Amri, M., & Coquart, J. B. (2016). Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(1), 103–109. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0384>
- Sirico, F., Bianco, A., D'Alicandro, G., Castaldo, C., Montagnani, S., Spera, R., Di Meglio, F., & Nurzynska, D. (2018). Effects of physical exercise on adiponectin, leptin, and inflammatory markers in childhood obesity: Systematic review and meta-analysis. *Childhood Obesity*, 14(4), 207–217. <https://doi.org/10.1089/chi.2017.0269>
- Saunders, T. J., Palombella, A., McGuire, K. A., Janiszewski, P. M., Després, J. P., & Ross, R. (2012). Acute exercise increases adiponectin levels in abdominally obese men. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2012, 148729. <https://doi.org/10.1155/2012/148729>
- Sanchis, P., Ezequiel-Rodríguez, A., Sánchez-Oliver, A. J., Suarez-Carmona, W., Lopez-Martín, S., García-Muriana, F. J., & González-Jurado, J. A. (2024). Changes in the expression of inflammatory genes induced by chronic exercise in the adipose tissue: Differences by sex. *Sports*, 12(7), 184. <https://doi.org/10.3390/sports12070184>

- Tiwari, R., Singh, N., Singh, S., Bajpai, M., & Verma, S. (2024). Interplay of adiponectin with glycemic and metabolic risk metrics in patients with diabetes. *Cureus*, *16*(9), e70543. <https://doi.org/10.7759/cureus.70543>
- Torres-García, R., Camarillo-Romero, E. del S., Majluf-Cruz, A., Vázquez de Anda, G. F., Loe-Ochoa, A. M., Montenegro-Morales, L. P., Cerecero-Aguirre, P., Huitrón-Bravo, G. G., & Garduño-García, J. de J. (2017). Effect of exercise on serum leptin and adiponectin concentrations in adolescents with risk factors for developing diabetes. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, *55*(6), 708–714.
- Tomeleri, C. M., Ribeiro, A. S., Souza, M. F., Schiavoni, D., Schoenfeld, B. J., Venturini, D., Barbosa, D. S., Landucci, K., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2016). Resistance training improves inflammatory level, lipid and glycemic profiles in obese older women: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, *84*, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.09.005>
- Unamuno, X., Izaguirre, M., Gómez-Ambrosi, J., Rodríguez, A., Ramírez, B., Becerril, S., Valentí, V., Moncada, R., Silva, C., Salvador, J., Portincasa, P., Frühbeck, G., & Catalán, V. (2019). Increase of the adiponectin/leptin ratio in patients with obesity and type 2 diabetes after Roux-en-Y gastric bypass. *Nutrients*, *11*(9), 2069. <https://doi.org/10.3390/nu11092069>
- Van Gemert, W. A., May, A. M., Schuit, A. J., Oosterhof, B. Y., Peeters, P. H., & Monninkhof, E. M. (2016). Effect of weight loss with or without exercise on inflammatory markers and adipokines in postmenopausal women: The SHAPE-2 trial, a randomized controlled trial. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, *25*(5), 799–806. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-15-1065>
- Vázquez-Rodríguez, A., Candia-Luján, R., Enríquez-Del Castillo, L. A., Reza-López, S. A., & Carrasco-Legleu, C. E. (2019). Effect of physical exercise on adipokine concentration in adults with obesity: A systematic review. *Movimiento Científico*, *13*(2), 27–36. <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.13206>
- Vogel, M. A. A., Jocken, J. W. E., Sell, H., Hoebbers, N., Essers, Y., Rouschop, K. M. A., Cajlakovic, M., Blaak, E. E., & Goossens, G. H. (2018). Differences in upper and lower body adipose tissue oxygen tension contribute to the adipose tissue phenotype in humans. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *103*(10), 3688–3697. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-00547>
- Wang, L., Zhang, X., & Liu, S. (2023). Effects of strength training on blood pressure and adipokines in adults with obesity. *Journal of Medicine and Exercise Physiology*, *15*(2), 102–110. <https://doi.org/10.1002/medex.2023.00256>
- Zhang, C., Wang, J. J., He, X., Wang, C., Zhang, B., Xu, J., Xu, W., Luo, Y., & Huang, K. (2018). Characterization and beige adipogenic potential of human embryo white adipose tissue-derived stem cells. *Cell Physiology and Biochemistry*, *51*(6), 2900–2915. <https://doi.org/10.1159/000496042>
- Zhang, Y., Wang, R., Liu, T., & Wang, R. (2024). Exercise as a therapeutic strategy for obesity: Central and peripheral mechanisms. *Metabolites*, *14*(11), 589. <https://doi.org/10.3390/metabo14110589>

#### Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Eduardo Joel Cruzat Bravo	<a href="mailto:ecruzat@santotomas.cl">ecruzat@santotomas.cl</a>	Autor/a
Mauricio Ernesto Tauda Tauda	<a href="mailto:Mauro.tauda@gmail.com">Mauro.tauda@gmail.com</a>	Autor/a
Rocío Beatriz Bustos Barahona	<a href="mailto:rociobustos@santotomas.cl">rociobustos@santotomas.cl</a>	Autor/a
Yoselyn Yudith Reyes Sanchez	<a href="mailto:yoselynreyessa@santotomas.cl">yoselynreyessa@santotomas.cl</a>	Autor/a
David Ismael Ergas Schleef	<a href="mailto:dergas@santotomas.cl">dergas@santotomas.cl</a>	Autor/a