

[r e v i s i ó n]

Efectos de la suplementación con curcuminoides y el ejercicio físico sobre manifestaciones del síndrome metabólico en mujeres: Una revisión sistemática con análisis secundario de interacciones

Effects of supplementation with curcuminoids and physical exercise on conditions derived from metabolic syndrome in women: A systematic review with a secondary analysis of interactions

Angel Saez-Berlanga¹, Daniel Castillo², J. Alfredo Martínez^{3,4} y Javier Gene-Morales^{1,2}

¹Prevención y Salud en Ejercicio y Deporte (Prevention and Health in Exercise and Sport [PHES]). Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia. Valencia. España. ²Valoración del Rendimiento Deportivo, Actividad Física y Salud, y Lesiones Deportivas (REDAFLED). Departamento Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal. Universidad de Valladolid. Soria. España. ³IMDEA Alimentación y CIBERobn. Madrid. España. ⁴Universidad de Valladolid. Soria. España

Palabras clave

Enfermedades metabólicas, mujeres, actividad física, nutracéuticos, cúrcuma.

>>RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue revisar la literatura científica que analizó la suplementación con curcuminoides, el ejercicio físico y su combinación, sobre manifestaciones del síndrome metabólico. La búsqueda se concretó en cuatro bases de datos y, finalmente, se seleccionaron seis estudios. La calidad metodológica fue evaluada mediante la escala TESTEX. Todos los estudios analizaron mujeres con alguna manifestación del síndrome metabólico. Los protocolos de suplementación y de ejercicio físico mostraron una heterogeneidad asumible entre los estudios incluidos. A nivel general, se suplementó a los participantes con entre 80 y 2100 mg/día de preparados de curcuminoides con diferente posología. Los protocolos de ejercicio físico fueron, todos menos uno, entrenamientos cardiorrespiratorios (andar/correr y cicloergómetro) continuos e interválicos, a intensidades moderadas (50-80 % frecuencia cardíaca máxima), con sesiones de duración total aproximada

Correspondencia

Javier Gene-Morales
Email: javier.gene@uv.es

de 60 minutos y frecuencia de 3 días por semana. Con los datos extraídos se realizó un análisis secundario de interacciones y pruebas *t post-hoc* intra y entre grupos. El principal hallazgo fue que, en la mayoría de los estudios, la suplementación con curcuminoides, el ejercicio físico y su combinación, reportaron mejorías sobre el índice de masa corporal, circunferencia de cintura, lipoproteínas de alta densidad, triglicéridos, presión arterial sistólica y glucemia en ayunas. La combinación de curcuminoides y ejercicio físico mostró modificaciones del efecto de ambos tratamientos (interacciones) al mejorar significativamente diversas variables respecto a sólo el ejercicio o sólo la suplementación. Además, la interacción suplemento + ejercicio resultó estadísticamente significativa en algunos estudios, con los mejores resultados presentándose en la glucemia. En conclusión, la suplementación con curcuminoides, el ejercicio físico y su combinación son posibles estrategias positivas para el manejo terapéutico del síndrome metabólico.

Nutr Clin Med 2024; XVIII (1): 24-40

DOI: 10.7400/NCM.2024.18.1.5130

Key words

Metabolic diseases, female, physical activity, nutraceuticals, turmeric.

<<ABSTRACT

The aim of this research was to review the scientific literature that analyzed supplementation with curcuminoids, physical exercise, and their combination, on parameters associated with metabolic syndrome. We conducted the search in four databases and, finally, six studies were selected. Methodological quality was evaluated through the TESTEX scale. All the studies analyzed women with a component disorder associated with metabolic syndrome. Supplementation and

physical exercise protocols were heterogeneous among the studies included. In general terms, participants ingested between 80 and 2100 mg/day of curcuminoids supplements with different presentation and concentrations. Physical exercise protocols were, all except one, continuous or interval cardiorespiratory training (walk/run, cycloergometer), at moderate intensities (50-80% maximum heart rate), with a mean duration of approximately 60 minutes per session, and a frequency of three days per week. With the data extracted from the studies, we conducted a secondary analysis of interactions and within- and between-group post-hoc *t* tests. The main findings were that, in most of the studies, supplementation with curcuminoids, physical exercise, and their combination, reported improvements in the body mass index, waist circumference, high-density lipoproteins (HDL), triglycerides, systolic blood pressure, and fasting glycaemia. The combination of supplementation with curcuminoids and physical exercise modified the effect of each treatment (interactions) as it significantly improved several variables compared to exercise alone or supplementation alone. Additionally, the interaction supplement*exercise was statistically significant in some studies, with the best results being found in the fasting glycaemia. In conclusion, supplementation with curcuminoids, physical exercise, and their combination, are plausible positive strategies for the therapeutic management of metabolic syndrome.

Nutr Clin Med 2024; XVIII (1): 24-40

DOI: 10.7400/NCM.2024.18.1.5130

>>INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico es un conjunto de afecciones que, en combinación, se vinculan a riesgo de padecer diabetes *mellitus* tipo 2, accidentes cerebrovasculares, cardiopatías coronarias, deterioro cognitivo y otras complicaciones de salud graves¹. Los criterios convencionales de síndrome metabólico, según el Panel de Tratamiento del Adulto III (*Adult Treatment Panel, ATP III*), incluyen presen-

tar tres o más de los siguientes factores de riesgo: obesidad abdominal, hipertensión, hiperglucemia, hipertrigliceridemia y niveles bajos de colesterol transportado por lipoproteínas de alta densidad (HDL)^{1,2}. En la última década, la prevalencia de mujeres con síndrome metabólico en España se situó alrededor del 32 %³. Considerando la alta prevalencia y los riesgos asociados al síndrome metabólico, se hace relevante conocer potenciales estrategias para su prevención y tratamiento.

Además de tratamientos farmacológicos para el manejo de las morbilidades asociadas al síndrome metabólico⁴, adoptar un estilo de vida saludable es actualmente uno de los ejes terapéuticos⁵, incluyendo aspectos como la estabilidad emocional, el descanso y el cuidado personal, la dieta y la actividad física/ejercicio físico⁶. En los últimos años existe un interés creciente por la nutrición y el ejercicio de precisión⁷ y/o el uso de nutracéuticos como los curcuminoides^{8,9}. El ejercicio adecuadamente programado es preciso para el mantenimiento de la salud y la prevención de diversas enfermedades metabólicas¹⁰⁻¹². Por otra parte, los curcuminoides se han asociado con multitud de efectos beneficiosos para la salud, atribuyéndoseles propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, antibióticas y neuroprotectoras^{8,9,13-16}. Los curcuminoides (curcumina, demethoxycurcumina y didemethoxycurcumina, entre otros) son principios activos polifenólicos presentes en la cúrcuma^{13,16}.

El ejercicio físico y el consumo de curcuminoides comparten algunos mecanismos que resultan positivos para el manejo del síndrome metabólico y las comorbilidades^{14,15,17-19}. Son ejemplos la regulación del perfil lipídico a través de una mayor oxidación de ácidos grasos por activación de las vías metabólicas de las grasas y un aumento de actividad de la lipoproteína lipasa, entre otros; regulación del perfil glucémico y resistencia a la insulina por la inhibición de la gluconeogénesis en el hígado y mayor consumo de glucosa mediada por insulina a través de la regulación al alza del transportador de glucosa 4, entre otros; modulación de aspectos vasculares para la prevención de enfermedad cardiovascular, aterosclerosis y disfunción endotelial mediante el bloqueo de producción de especies reactivas del oxígeno y regulación de la endotelina 1, entre otros; modulación del sistema inmune a través de la inhibición de células T reguladoras y estimulación de células T efectoras, entre otros; disminución de las citoquinas inflamatorias y aumento de las citoquinas antiinflamatorias; etc.^{14,15,17-19}. En línea con lo anterior, la suplementación con curcuminoides ha demostrado atenuar los efectos contraproducentes del ejercicio de alta intensidad (por ejemplo, reducción de la función endotelial, daño muscular, etc.) en diferentes circunstancias^{20,21}. Con esto, surge la cuestión de si la interacción entre la suplementación con curcuminoides y el ejercicio físico puede producir un efecto sinérgi-

co para el manejo del síndrome metabólico. Por tanto, es necesario revisar la literatura científica en este sentido para vislumbrar la potencial interacción entre el polifenol (curcuminoides) y el ejercicio físico.

Atendiendo a todo lo comentado anteriormente, el objetivo de la presente revisión sistemática fue revisar y analizar la literatura científica que evaluó los efectos de la suplementación con curcuminoides, el ejercicio físico y su combinación, sobre manifestaciones del síndrome metabólico.

>> MATERIALES Y MÉTODOS

Esta revisión sistemática se llevó a cabo de acuerdo con pautas previas y se informó siguiendo las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) vigente²².

Fuentes de información y estrategias de búsqueda

Entre el 10 de septiembre de 2023 y el 25 de septiembre de 2023, la búsqueda de estudios se realizó en las siguientes bases de datos: Web of Science (WOS), Scopus, PubMed (Medline) y EMBASE, sin la aplicación de filtros. También se realizó una búsqueda manual interna en la lista de referencias de cada estudio elegible. Dos investigadores (ASB y JGM) examinaron publicaciones de erratas y retractaciones de los estudios elegibles para evitar sesgos. No se incluyeron documentos pre-registrados ni datos complementarios. Dos autores (ASB y JGM) realizaron búsquedas independientes tras consensuar con los otros dos autores (DC y JAM). No se aplicaron restricciones de fecha o idioma para las búsquedas.

La estrategia de búsqueda hizo uso de términos de texto libre, términos MeSH (Medical Subject Headings) y los operadores booleanos AND/OR. La ecuación de búsqueda específica implementada en "all fields" (PubMed), "topic" (WOS), "article title, abstract, keywords" (Scopus) y "broad search" (Embase) fue: (("Resistance Training" OR Train* OR "Resistance-training" OR "Strength training" OR "Weight training") AND ("curcuma" OR "curcumin" OR "turmeric" OR "curcuma supplementation" OR "curcuma consumption") AND ("Metabolic syndrome"

OR Obesity OR Hypertension OR Diabetes OR Atherosclerosis OR "Blood Pressure" OR Triglycerides OR "LDL cholesterol" OR "HDL cholesterol" OR "Bone mineral density" OR "BMD" OR Osteoporosis) AND (Aged OR Aging OR Old OR Older OR Elder*)).

Criterios de elegibilidad

Siguiendo un enfoque PICO²³, los estudios incluidos debían cumplir los siguientes criterios: (población) muestra compuesta de adultos o adultos mayores con al menos una de las siguientes: obesidad abdominal, hipertensión, hiperglucemia, hipertrigliceridemia y/o niveles bajos de HDL colesterol; (intervención) incluir un grupo experimental que siguiera un programa de ejercicio físico combinado con suplementación con curcuminoides; (comparación) comparar el grupo experimental con un grupo de contraste en un diseño aleatorizado y controlado; y (resultados) medir pre- y posintervención una variable vinculada con el diagnóstico del síndrome metabólico. Fueron excluidos de la revisión todos los estudios no escritos en inglés o castellano, y que no fueran artículos originales (revisiones, cartas al editor, editoriales, capítulos de libro, resúmenes, comunicaciones, etc.).

Proceso de selección y extracción de datos

Dos autores (ASB y JGM) revisaron de forma independiente los títulos y resúmenes para realizar una primera selección de artículos, y los resultados obtenidos se pusieron en común con el resto de los autores (DC y JAM). La eliminación de duplicados se realizó manualmente. A continuación, se examinó de manera independiente cada artículo seleccionado en la primera fase para realizar un cribado final y seleccionar los estudios a ser incluidos definitivamente.

En este punto, se recopilaron manualmente los datos de los artículos. Cuando faltaban datos relevantes o se necesitaban detalles adicionales, se contactó (una vez) con los autores de los estudios y se solicitó la información necesaria. En los casos en los que no hubo respuesta y que los datos se mostraban en una figura, se utilizó el *software* validado WebPlotDigitizer (<https://apps.automeris.io/wpd/>) para obtener los valores exactos de las figuras publicadas²⁴.

Recogida y organización de datos

Los datos recopilados incluyeron: autores y año de publicación; número de participantes y características; duración de la intervención; tipo de suplemento; protocolo de suplementación; tipo de ejercicio; protocolo de ejercicio, incluyendo frecuencia, volumen e intensidad. Todos los estudios incluyeron un grupo control, sedentario, sin suplemento o con placebo (C), un grupo que sólo consumía el suplemento de curcumina (SC), un grupo que realizaba solamente ejercicio físico (EF) y un grupo que combinaba el ejercicio físico con suplementación con curcumina (EF + SC). Por último, se preparó una tabla recogiendo los valores pre- y posintervención de cada variable dependiente (índice de masa corporal [IMC], circunferencia de cintura, triglicéridos, HDL colesterol, presión arterial sistólica y glucemia en ayunas).

Calidad metodológica de los estudios incluidos

La calidad metodológica de cada estudio incluido fue evaluada de forma independiente por dos autores (ASB y JGM), y cualquier discrepancia se resolvió mediante consenso con los otros dos autores (DC y JAM). Los análisis de calidad utilizaron la escala TESTEX (Tool for the assessment of Study quality and reporting in EXercise), calificando como calidad "baja" (0-5), "media" (6-10) o "alta" (11-15)²⁵. La validez y fiabilidad de esta escala, además de la concordancia con otras escalas (por ejemplo, la escala PEDro [Physiotherapy Evidence Database]), han sido establecidas previamente²⁵.

Análisis de los datos

Tras la extracción de los datos (media y desviación estándar) pre- y posintervención de cada grupo, se llevó a cabo una organización e integración de los datos recopilados. Además, se calculó el cambio de pre- a posintervención. La significación estadística de las comparaciones intragrupo (comparación de valores pre y posintervención de cada grupo) fue extraída de cada artículo. Debido a que los estudios reportaban de manera irregular los valores del resto de los análisis inferenciales y, por tanto, no era posible analizar el efecto de cada uno de los factores (suplemento y ejercicio) y su interacción, se llevó a cabo un análisis secundario²⁶.

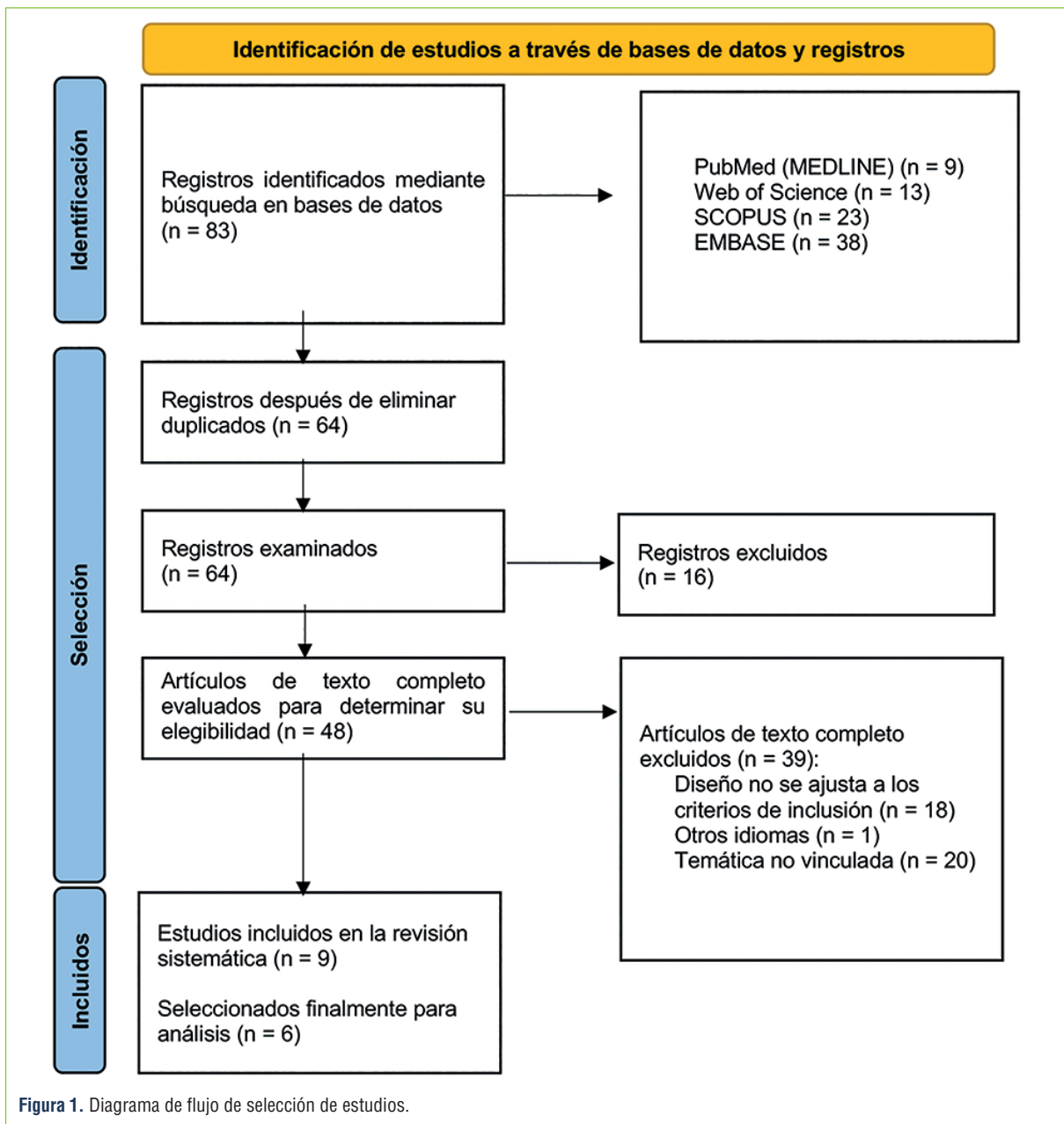
Para el análisis secundario, considerando que no había diferencias entre grupos en los valores preintervención, se realizó manualmente un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías sobre los valores posintervención para evaluar el efecto del suplemento, del ejercicio y su interacción, como factores entre sujetos. Para la prueba ANOVA se utilizaron los datos resumen de cada artículo (media, desviación estándar y tamaño de cada grupo). A continuación, se realizaron pruebas *t post-hoc* entre grupos (comparación de los valores posintervención entre el grupo EF + SC con el resto de los grupos) mediante la calculado-

ra Exploratory Software for Confidence Intervals (ESCI)²⁷.

>> RESULTADOS

Resultados de la búsqueda

Las búsquedas en las bases de datos permitieron encontrar 83 documentos (figura 1). Tras eliminar duplicados y cribar los registros, se mantuvieron 48 artículos para ser revisados a texto completo. Además, se excluyó un artículo



por encontrarse escrito en un idioma con caracteres diferentes a los occidentales. En este paso, se escogieron 9 estudios potencialmente incluidos²⁸⁻³⁶. Tras el tratamiento, análisis y evaluación de los datos de estos estudios, se observó que algunos artículos utilizaban la misma muestra y las mismas variables y, por tanto, no podían considerarse independientes. De manera más específica, se unificaron como un único estudio para análisis los dos estudios de Darmian *et al.*^{28,29}. También se unificaron como un único estudio los manuscritos de Dolati *et al.*³⁰ y Farzad *et al.*³¹. Además, se excluyó un artículo por ser el único que analizaba el entrenamiento de la fuerza³². Finalmente, el análisis fue realizado en 6 artículos que se podían considerar independientes.

Características de los estudios

Las características específicas de cada uno de los estudios se presentan en la tabla I. En primer lugar, se destaca que todos los estudios utilizaron mujeres y que todos fueron llevados a cabo en Irán a excepción de uno, que se realizó en Japón³⁵. El total de participantes analizados entre todos los estudios fue de 255, oscilando entre la edad entre ~38 y ~62 años. La duración de los estudios fluctuó entre 6 y 8 semanas. Cabe enfatizar que casi todos los estudios incluyeron participantes con síndrome metabólico o alguna comorbilidad (por ejemplo, diabetes *mellitus* tipo 2, obesidad, hiperlipidemia, etc.). Sólo un estudio utilizó mujeres obesas pero aparentemente sanas³⁵.

En cuanto al protocolo de suplementación, hubo variaciones entre los estudios en el tipo de suplemento, incluyendo polvo de cúrcuma, cápsulas o pastillas de nanocúrcuma, nanomicelas de cúrcuma en gel o cápsulas, etc. Las concentraciones de curcuminoides y el método de extracción difirieron entre los suplementos utilizados por cada estudio. La mínima dosis utilizada fue de 80 mg/día y la máxima de 2100 mg/día.

Respecto a los programas de entrenamiento, los estudios incluidos emplearon protocolos de ejercicio cardiorrespiratorio como correr, andar o pedalear en cicloergómetro, tanto continuo como interválico. La duración de los entrenamientos varió entre 25 y aproximadamente 60 minutos, y la frecuencia entre 3 y 6 días por semana. Se utilizaron intensidades de entre el 50 y el 80 % de la frecuencia cardíaca máxima.

Calidad metodológica de los estudios incluidos

Según la escala TESTEX, los estudios incluidos alcanzaron una puntuación media de $7,90 \pm 2,13$ sobre 15. Las puntuaciones obtenidas fueron de 10 puntos para Darmian *et al.*^{28,29}, 9 puntos para Farzad *et al.*³¹, 8 puntos para Dolati *et al.*³⁰, 7 puntos para Sugawara *et al.*³⁵ y Osali³³, 6 puntos para Osali y Rostami³⁴ y, finalmente, 4 puntos para Zamani y Rezagholizadeh³⁶.

Síntesis de resultados

La figura 2 presenta gráficamente un resumen de los resultados obtenidos por cada grupo de participantes con valores desajustados (por ejemplo, hiperglucemia, dislipemia y/o hipertensión), es decir, todos los estudios excepto el que evaluó mujeres obesas aparentemente sanas³⁵. Los resultados descriptivos y la significación de las diferencias entre el grupo EF + SC y el resto de los grupos se presentan en la tabla II. Además, para analizar la significación de la interacción ejercicio + suplemento, se realizó un ANOVA sobre los valores posintervención. Los resultados se muestran en la tabla III junto con los valores descriptivos de la diferencia pre-post de cada grupo y la significancia de los análisis post-hoc intragrupo.

Índice de masa corporal

Todos los estudios, a excepción de uno, analizaron sujetos con sobrepeso u obesidad ($IMC \geq 25$), observándose un efecto significativo del ejercicio y la suplementación con curcuminoides sobre el IMC en tres de los cinco estudios analizados. La interacción ejercicio + suplemento fue estadísticamente significativa sobre el IMC en dos de los cinco estudios. Mientras que los tres grupos de intervención (SC, EF y EF + SC) mejoraron significativamente en la mayoría de los estudios, no se observaron diferencias significativas entre EF + SC y los grupos SC o EF.

Circunferencia de cintura

Todos los sujetos se encontraban por encima de 88 cm de circunferencia de cintura, lo que indica sobrepeso. Se encontró un efecto significativo del ejercicio sobre la circunferencia de cintura en los tres estudios analizados. Además, en dos de ellos el efecto de la curcuma fue estadísticamente significativo. Por último, la interacción

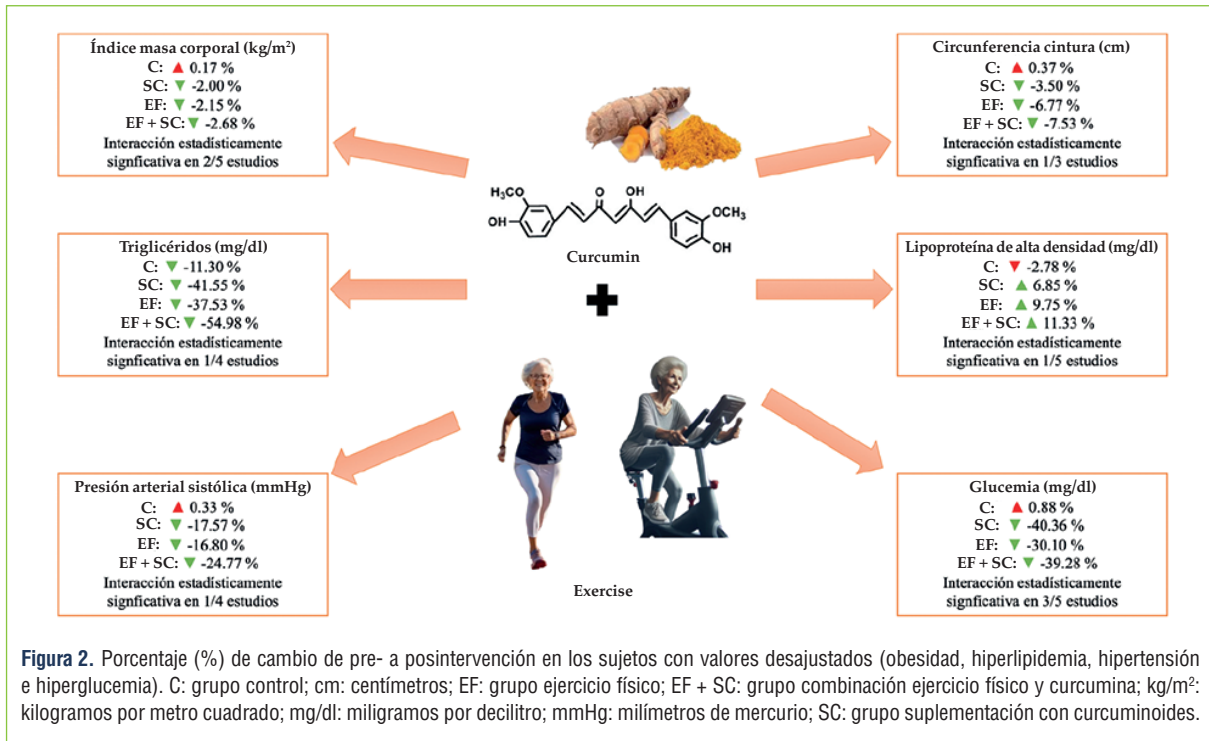
TABLA I. PROTOCOLOS DE SUPLEMENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Autor, año, referencia	Participantes, sexo, edad, manifestaciones clínicas	Duración (semanas)	Tipo suplemento	Tipo ejercicio	Protocolo ejercicio	Variables
Sugawara <i>et al.</i> , 2012	45 mujeres 9,75 ± 1,75 años Sin enfermedades crónicas o cardiovasculares	8	Nanopartículas de curcumina altamente absorbible en cápsula (Theracurmin®, Theravalues Corporation) Placebo (dextrina y maltosa) 6 cápsulas / día, 25 mg / cápsula	Cardiorrespiratorio (cicloergómetro en laboratorio + caminar en casa, supervisado) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3-6 días / semana <i>Volumen</i> 1 x 25-45 min <i>Intensidad</i> 60-75 % FCmáx	IMC HDL SBP
Dolati <i>et al.</i> , 2020 Farzad <i>et al.</i> , 2020	40 mujeres 38,43 ± 4,46 años Sobrepeso	8	Extracto de curcumina en cápsula, 85 % de curcuminoides (Golha company) Placebo (almidón) 2 cápsulas / día, 250 mg / cápsula	Cardiorrespiratorio (correr en cinta en gimnasio) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3 días / semana <i>Volumen</i> 1 x 20 min + 90 s por sesión 6 min calentamiento <i>Intensidad</i> 50-80 % FCmáx	IMC Triglicéridos HDL Glucemia
	40 mujeres 38,37 ± 4,50 años 25-30 kg / m ² IMC	8	Extracto de curcumina en cápsula, 75-85 % de curcuminoides (Golha company) Placebo (almidón) 2 cápsulas / día, 250 mg / cápsula	Cardiorrespiratorio (correr en cinta en gimnasio) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3 días / semana <i>Volumen</i> 1 x 20 min + 90 s por sesión 6 min calentamiento <i>Intensidad</i> 50-80 % FCmáx	IMC Circunf. cintura Triglicéridos HDL SBP Glucemia
Osali, 2020	44 mujeres 62,30 ± 1,23 años Síndrome metabólico > 30 kg / m ² IMC > 88 cm circunferencia cintura	6	Nanocurcumina (10 %) + curcuminoides (2 %) + otros componentes en cápsula efervescente (Theravalues Corporation) Placebo (maltodextrina) 1 cápsula / día, 80 mg / cápsula	Cardiorrespiratorio (andar / correr en cinta, no se indica detalle) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> No indica <i>Volumen</i> 3 x 12-17 min <i>Intensidad</i> 60-75 % FC reserva Descanso: 5 min	IMC Circunf. cintura Triglicéridos HDL SBP Glucemia

Tabla I (CONT.). PROTOCOLOS DE SUPLEMENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Autor, año, referencia	Participantes, sexo, edad, manifestaciones clínicas	Duración (semanas)	Tipo suplemento	Tipo ejercicio	Protocolo ejercicio	Variables
Darmian <i>et al.</i> , 2021	42 mujeres 43,42 ± 2,43 años Hiperlipidemia y diabetes <i>mellitus</i> tipo 2 > 6 HbA1c > 150 mg/dl Triglicéridos > 100 mg/dl LDL 25-30 kg/m ² IMC	8	Polvo de cúrcuma en cápsula (Traditional Medicine Research Center) Placebo (harina de almidón de maíz) 1 cápsula/día, 2100 mg/cápsula	Cardiorrespiratorio (caminar en casa, supervisado) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3 días/semana <i>Volumen</i> 1 x 20-40 min 10 min calentamiento 10 min vuelta a la calma <i>Intensidad</i> 60-75 % FCmáx/10-13 Escala Borg	IMC Circunf. cintura Triglicéridos HDL SBP Glucemia
Darmian <i>et al.</i> , 2022	42 mujeres 43,42 ± 2,43 años Hiperlipidemia y diabetes <i>mellitus</i> tipo 2 > 126 mg/dl Glucemia en ayunas > 150 mg/dl Triglicéridos 25-30 kg/m ² IMC	8	Polvo de cúrcuma en cápsulas (Dineh Pharmaceutical Company) Placebo (harina de almidón de maíz) 3 cápsulas/día, 700 mg/cápsula	Cardiorrespiratorio (caminar en casa, supervisado) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3 días/semana <i>Volumen</i> 1 x 20-40 min 10 min calentamiento 10 min vuelta a la calma <i>Intensidad</i> 60-75 % FCmáx/10-13 Escala Borg	Glucemia
Zamani & Rezagholizadeh, 2021	40 mujeres 46,10 ± 5,02 años Diabetes <i>mellitus</i> tipo 2	8	Nanomicelas de curcumina en gel (Exir Nano Sina) Control (no suplemento) 1 gel/día, 80 mg/gel	Cardiorrespiratorio (correr en cinta, sin detallar) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3 días/semana <i>Volumen</i> 1 x 45-60 min <i>Intensidad</i> 50-70 % FCmáx	Glucemia
Osali & Rostami, 2023	44 mujeres 62,30 ± 1,23 años Síndrome metabólico	6	Nanocurcumina en cápsulas (no especifican compañía) Placebo (no se especifica) 1 cápsula/día, 80 mg/cápsula	Cardiorrespiratorio (no se especifica) Control (sedentario)	<i>Frecuencia</i> 3 días/semana <i>Volumen</i> 3 x 12-17 min 5 min calentamiento 5 min vuelta calma <i>Intensidad</i> 65-75 % FC reserva Descanso: 5 min	IMC Circunf. cintura Triglicéridos HDL SBP Glucemia

Circunf.: circunferencia; cm: centímetros; FC: frecuencia cardíaca; FCmáx: frecuencia cardíaca máxima; IMC: índice de masa corporal; kg/m²: kilogramos por metro cuadrado; HDL (en inglés): *high-density lipoprotein* (en castellano, lipoproteína de alta densidad); LDL: (en inglés): *low-density lipoprotein* (en castellano, lipoproteína de baja densidad); mg: miligramos; min: minutos; SBP (en inglés): *systolic blood pressure* (en castellano, presión arterial sistólica).



suplementación + ejercicio resultó significativa en uno de los estudios. Al igual que con la otra variable de adiposidad analizada (IMC), aunque todos los grupos de intervención mejoraron, no se hallaron diferencias significativas entre EF + SC y los grupos SC o EF, a excepción de una diferencia entre EF + SC y SC en un estudio.

Triglicéridos

Tres de los cuatro estudios incluyeron sujetos con niveles de triglicéridos de moderados a altos (> 150 mg/dl), encontrándose un efecto significativo de la suplementación y el ejercicio en dos de los estudios, la interacción fue significativa en uno de ellos. Tres estudios mostraron reducciones significativas de triglicéridos en todos los grupos experimentales. Sólo se encontraron valores significativamente mejores para EF + SC comparado con EF y SC en uno de los estudios. En otro estudio, estas diferencias fueron significativas solamente con SC.

Lipoproteínas de alta densidad

Sólo dos de los cinco estudios incluyeron sujetos con niveles recomendados de HDL colesterol por encima de 50 mg/dl, observándose un efecto significativo del ejercicio y de la suplemen-

tación con curcuminoides en la mayoría de los estudios. Por lo contrario, la interacción suplementación + ejercicio resultó significativa en un estudio. Respecto a la comparación *post-hoc* intragrupo, en tres de los cinco estudios se comunicó un incremento significativo en todos los grupos experimentales. *A contrario sensu*, un estudio notificó aumentos significativos tras EF + SC y EF, y otro exclusivamente tras EF. Además, en un estudio se obtuvieron significativamente mejores resultados para EF + SC que para el resto de los grupos, y en otro estudio significativamente mejores valores para EF + SC que para SC.

Presión arterial sistólica

Tres de los cuatro estudios analizados incluyeron participantes con hipertensión (> 130 mmHg). El factor suplementación mostró un efecto significativo sobre la presión arterial sistólica en tres de cuatro estudios, y el ejercicio en cuatro de los cuatro estudios. La interacción suplementación + ejercicio resultó significativa en un estudio. De acuerdo con lo anterior, todos los grupos de intervención mejoraron en todos los estudios, a excepción del grupo SC en el estudio que incluyó sujetos normotensos. El grupo EF + SC obtuvo significativamente mejores resultados que EF y que SC en dos estudios y que SC en un tercer estudio.

TABLA II. EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO, LA SUPLEMENTACIÓN CON CURCUMINA Y SU COMBINACIÓN SOBRE LAS MANIFESTACIONES DEL SÍNDROME METABÓLICO RESPECTO A UN GRUPO CONTROL

Variable	Estudios (primer autor y año)	Preintervención						Posintervención									
		C		SC		EF		EF + SC		C		SC		EF		EF + SC	
		M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
IMC (kg/m ²)	Sugawara, 2012	21,6	0,8	23,0	0,7	23,4	1,0	23,7	1,0	21,7***	0,8	23,1	0,7	23,3	1,0	23,5	0,9
	Dolati, 2020; Farzad 2020	27,2	1,4	27,0	1,9	27,5	1,7	28,2	1,7	26,9	1,6	26,6	2,1	27,1	1,9	28,0	1,6
	Osali, 2020	29,0	1,6	29,5	2,7	32,2	2,5	31,2	3,1	29,1	1,5	29,7	2,6	31,3	2,4	29,9	3,3
	Darmian, 2021, 2022	29,0	1,0	29,3	0,3	28,1	1,2	28,2	1,0	30,1***	0,9	27,9	0,1	27,1	1,1	27,0	2,2
	Osali, 2023	34,5	5,4	33,6	7,6	33,6	4,5	34,7	5,6	34,3*	8,4	27,2	5,7	27,4	3,6	26,7	4,8
Circunf. cintura (cm)	Osali, 2020	104,8	7,0	102,4	5,7	105,0	10,8	103,5	6,8	104,2	6,5	103,9	6,9	101,1	5,6	98,8	5,9
	Darmian, 2021, 2022	96,8	1,4	97,4	1,1	95,3	2,0	97,1	2,1	98,2***	2,2	95,2***	1,5	90,1	1,8	89,2	3,0
	Osali, 2023	104,0	4,8	103,4	5,6	104,8	5,3	102,6	5,6	104,2***	5,8	93,6	2,4	93,5	3,6	92,6	3,7
TG (mg/dl)	Dolati, 2020; Farzad, 2020	83,7	32,9	107,9	39,2	94,0	29,3	119,7	94,1	83,7	23,0	108,3	63,3	93,7	35,7	109,5	96,2
	Osali, 2020	225,3	69,2	215,6	50,4	223,1	64,5	232,1	62,7	180,3	55,2	164,6	24,1	197,7	69,2	161,6	39,9
	Darmian, 2021, 2022	183,2	4,5	181,7	7,0	184,0	6,8	181,2	5,3	186,2***	2,9	177,9***	4,1	173,1***	2,3	164,1	2,3
	Osali, 2023	264,1	45,5	256,3	74,3	256,3	73,3	264,1	45,5	260,9***	68,7	144,5	12,6	142,8	11,9	142,0	12,1
	Sugawara 2012	72,0	5,0	63,0	6,0	61,0	3,0	68,0	4,0	71,0	4,0	63,0***	5,0	69,0	3,0	71,0	4,0
HDL (mg/dl)	Dolati, 2020; Farzad, 2020	63,7	16,0	53,9	10,8	52,5	8,2	60,3	22,2	54,1	16,6	58,4	18,2	66,4	10,2	72,6	22,9
	Osali, 2020	45,6	5,2	46,7	3,7	47,3	5,2	46,7	7,0	44,7***	2,8	52,6	3,2	53,3	4,4	56,9	7,3
	Darmian, 2021, 2022	32,2	2,2	32,2	2,7	31,1	2,9	33,2	4,1	30,2***	1,4	36,6***	1,8	38,1***	1,0	43,2	3,5
	Osali, 2023	45,2	4,5	42,3	10,4	41,4	12,5	41,9	11,6	46,6*	6,8	54,9	8,7	53,5	4,8	54,6	9,6
	Sugawara, 2012	119,0	3,0	120,0	3,0	117,0	3,0	119,0	2,0	117,0*	3,0	117,0*	3,0	113,0	4,0	114,0	3,0
SBP (mmHg)	Osali, 2020	152,0	14,7	146,9	11,7	145,2	15,2	145,4	9,1	152,7***	11,5	132,1***	10,3	137,7***	7,9	120,0	2,6
	Darmian, 2022	132,0	2,8	131,0	3,2	134,0	2,3	133,1	4,1	133,8***	3,2	128,0**	2,3	128,1*	2,2	124,1	3,9
	Osali, 2023	161,3	5,6	157,4	6,76	158,4	7,3	160,4	6,6	159,9***	7,6	122,4	2,9	121,4	3,7	120,4	3,0
	Dolati, 2020; Farzad, 2020	93,4	10,0	96,5	12,1	92,2	6,3	93,3	5,8	93,4	17,6	88,3	4,7	88,8	3,8	90,5	7,5
	Osali, 2020	183,1	52,8	178,6	52,8	170,2	50,5	172,5	52,7	182,1***	51,3	111,4	9,6	125,9	27,2	108,8	7,1
Glucemia (mg/dl)	Darmian, 2021, 2022	153,4	2,5	155,1	2,0	155,1	1,5	152,8	1,8	158,6***	1,8	147,5***	2,1	141,5***	2,1	134,5	2,4
	Zamani, 2021	153,1	21,8	199,3	22,5	149,4	21,0	166,7	21,3	156,9***	15,2	151,4**	17,0	127,4	16,9	126,4	16,3
	Osali, 2023	174,6	4,3	184,5	31,4	182,8	32,7	186,0	32,9	171,0*	64,0	113,7	12,1	115,6	10,7	114,7	11,0

*: diferencias significativas con el grupo EF + SC en el nivel $p \leq 0,05$; **: diferencias significativas con el grupo EF + SC en el nivel $p \leq 0,01$; ***: diferencias significativas con el grupo EF + SC en el nivel $p \leq 0,001$; C: grupo control; Circunf.: circunferencia; cm: centímetros; DE: desviación estándar; EF: ejercicio físico (EF); EF + SC: combinación ejercicio físico + suplementación con curcumina; HDL (en inglés): *high-density lipoprotein* (en castellano, lipoproteína de alta densidad); IMC: índice de masa corporal; kg/m²: kilogramos por metro cuadrado; M: media; mg/dl: miligramos por decilitro; mmHg: milímetros de mercurio; SBP (en inglés): *systolic blood pressure* (en castellano, presión arterial sistólica); SC: suplementación con curcumina; TG: triglicéridos.

Variable	Estudios (primer autor y año)	Diferencia pre-post (Δ)				ANOVA sobre valores post (valor p)			
		C	SC	EF	EF + SC	Suplemento	Ejercicio	Interacción	
IMC (kg/m ²)	Sugawara, 2012	0,1	0,1	-0,1	-0,2*	**	***	*	
	Dolati, 2020; Farzad 2020	-0,3	-0,4*	-0,5*	-0,2	N/S	N/S	N/S	
	Osali, 2020	0,1	0,1*	-0,9***	-1,3***	N/S	N/S	N/S	
	Darmian, 2021, 2022	1,1***	-1,4**	-1,0*	-1,2***	**	***	*	
	Osali, 2023	-0,2	-6,3*	-6,2*	-8,0*	*	*	N/S	
Circunf. cintura (cm)	Osali, 2020	-0,6	1,5	-3,9***	-4,8***	N/S	*	N/S	
	Darmian, 2021, 2022	1,5*	-2,2*	-5,1***	-7,9***	**	***	N/S	
	Osali, 2023	0,2	-9,8*	-11,3*	-9,9*	***	***	***	
	Dolati, 2020; Farzad, 2020	0,0	0,4	-0,3	-10,2	N/S	N/S	N/S	
TG (mg/dl)	Osali, 2020	-45,0*	-51,0***	-25,4***	-70,5***	N/S	N/S	N/S	
	Darmian, 2021, 2022	3,0***	-3,8***	-10,9***	-17,1***	***	***	N/S	
	Osali, 2023	-3,2	-111,8*	-113,5*	-122,1*	***	***	***	
	Sugawara, 2012	-1,0	0,0	8,0*	3,0	*	*	***	
	Dolati, 2020; Farzad, 2020	-9,6**	4,5	13,9**	12,3*	N/S	*	N/S	
HDL (mg/l)	Osali, 2020	-0,9	5,9*	6,1***	10,3***	***	***	N/S	
	Darmian, 2021, 2022	-2,0**	4,4**	6,9**	10,0***	***	***	N/S	
	Osali, 2023	1,4	12,6*	12,1*	12,7*	*	N/S	N/S	
	Sugawara, 2012	-2,0	-3,0	-4,0*	-5,0*	N/S	***	N/S	
	Osali, 2020	0,7	-14,8***	-7,5***	-25,4***	***	***	N/S	
SBP (mmHg)	Darmian, 2022	1,7*	-3,0*	-6,0***	-9,0***	***	***	N/S	
	Osali, 2023	-1,4	-34,9*	-36,9*	-39,9*	***	***	***	
	Dolati, 2020; Farzad, 2020	0,0	-8,2*	-3,4	-2,8	N/S	N/S	N/S	
	Osali, 2020	-1,0	-67,2***	-44,3***	-63,7***	***	***	*	
Glucemia (mg/dl)	Darmian, 2021, 2022	5,2**	-7,6***	-13,6***	-18,3***	***	***	**	
	Zamani, 2021	3,8	-47,9*	-22,0*	-40,3*	N/S	***	N/S	
	Osali, 2023	-3,6	-70,9*	-67,2*	-71,3*	**	**	**	

*, diferencias significativas entre el valor preintervención y el valor postintervención en el nivel $p \leq 0,05$; **, diferencias significativas entre el valor preintervención y el valor postintervención en el nivel $p \leq 0,01$; ***, diferencias significativas entre el valor preintervención y el valor postintervención en el nivel $p \leq 0,001$; N/S: no significativo $p > 0,05$; C: grupo control; Circunf.: circunferencia; cm: centímetros; DE: desviación estándar; EF: ejercicio físico (EF); EF + SC: combinación ejercicio físico + suplementación con curcumina; HDL (en inglés): *high-density lipoprotein* (en castellano: lipoproteína de alta densidad); IMC: índice de masa corporal; kg/m²: kilogramos por metro cuadrado; M: media; mg/dl: miligramos por decilitro; mmHg: milímetros de mercurio; SBP (en inglés): *systolic blood pressure* (en castellano: presión arterial sistólica); SC: suplementación con curcumina; TG: triglicéridos.

Glucosa en sangre en ayunas

Cuatro de los cinco estudios incluían sujetos con niveles de glucemia en ayunas muy elevados. En estos cuatro estudios, el ejercicio causó un efecto significativo sobre la glucemia. Además, en tres de los cuatro estudios, la suplementación con curcuminoides y la interacción suplementación + ejercicio mostraron un efecto significativo. Cuatro de los cinco estudios informaron de reducciones significativas en todos los grupos experimentales. Por último, el estudio que incluyó sujetos con glucemia normal encontró disminuciones significativas solamente en SC. En un estudio la glucemia posintervención del grupo EF + SC fue significativamente mejor que en el resto de los grupos y en otro estudio que en el grupo SC.

>> DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio fue revisar la literatura científica que analizó los efectos de la suplementación con curcuminoides, el ejercicio físico y su combinación, sobre marcadores directamente asociados con el diagnóstico del síndrome metabólico. A este respecto, como hallazgo principal puede destacarse que las variables analizadas mejoraron en todos los grupos experimentales (SC, EF y EF + SC) en la mayoría de los estudios, mostrando diferencias significativas respecto al grupo control. Por tanto, la práctica de ejercicio cardiorrespiratorio y la suplementación con curcuminoides, así como su combinación, se muestran positivas para la prevención del síndrome metabólico.

Respecto a la potencial interacción entre ambos tratamientos, se han observado resultados positivos, especialmente sobre la glucemia, con tres de cinco estudios mostrando una interacción significativa. Con relación a las demás variables, los resultados no permiten llegar a una conclusión robusta sobre la posible interacción aditiva o efecto sinérgico entre ambos tratamientos. Es decir, cada tratamiento muestra efectos positivos de manera independiente y, al combinar ambos, aunque en muchos estudios se observan tendencias a mejores resultados, no se maximizan los efectos. Esto puede deberse tanto a la duración relativamente breve de los estudios como a que ambos tratamientos (suplementación con curcuminoides y ejercicio físico) comparten numero-

sos mecanismos de regulación fisiológica^{14,15,17-19} y, por tanto, con su combinación, no se activan nuevos mecanismos para la regulación de los parámetros analizados. A continuación, se discutirán los efectos de ambos tratamientos y su combinación sobre las variables dependientes analizadas.

Determinaciones de obesidad: índice de masa corporal y circunferencia de cintura

El ejercicio físico es reconocido como uno de los principales tratamientos para la obesidad¹⁹. De manera similar, la suplementación con curcuminoides está apareciendo, en los últimos años, como un tratamiento coadyuvante¹⁵. En este sentido, se encontraron disminuciones ligeramente mayores en el grupo EF + SC que en SC o EF. Algunos de los mecanismos por los que tanto el ejercicio como la curcumina pueden mejorar las determinaciones de obesidad incluyen el aumento en la oxidación de ácidos grasos y tasa metabólica basal, la disminución de las citoquinas inflamatorias y la regulación del perfil glucémico y de resistencia a la insulina^{15,19}. Por tanto, aunque se podría esperar una interacción aditiva entre ambos tratamientos, los datos sólo apoyan parcialmente esta afirmación, ya que, según las pruebas ANOVA, la interacción fue significativa en dos de cinco estudios para el IMC^{28,29,35} y en uno de tres estudios para la circunferencia de cintura³⁴. Cabe destacar que los participantes con sobrepeso u obesidad, aunque mejoraron con las intervenciones, no llegaron a bajar de los valores considerados como sobrepeso¹⁵. Esto puede ser debido a la duración relativamente breve de los estudios (máximo 8 semanas). En resumen, los resultados apoyan la combinación de ejercicio cardiorrespiratorio y suplementación con curcuminoides como tratamiento para la obesidad y ponen de manifiesto la necesidad de llevar a cabo intervenciones de mayor duración.

Perfil lipídico: triglicéridos y lipoproteínas de alta densidad

Los triglicéridos y el HDL colesterol mejoraron en todos los grupos experimentales en casi todos los estudios, con resultados ligeramente mejores para la combinación de ejercicio físico y curcuminoides. A pesar de esto, la interacción suplemento + ejercicio fue significativa en uno de cuatro

estudios para los triglicéridos³⁴ y en uno de cinco para las HDL³⁵. Estos resultados refuerzan la literatura previa que encuentra efectos beneficiosos en consumir curcuminoides y practicar ejercicio físico (por separado) para regular el perfil lipídico^{37,38}, especialmente los triglicéridos^{14,39}. Cabe enfatizar que los sujetos con valores normales de triglicéridos y HDL, prácticamente, no modificaron sus niveles³⁵. Por tanto, los resultados sugieren un mayor efecto de ambos tratamientos en sujetos con dislipidemia. Los sujetos con hipertrigliceridemia redujeron sus niveles, aunque sólo se llegaron a bajar del límite de 150 mg/dl en uno de los estudios, en el que de hecho se observó la interacción significativa³⁴. De manera similar, todos los participantes que estaban por debajo del límite de HDL de 50 mg/dl mejoraron, aunque sólo algunos subieron sus niveles ligeramente por encima del mínimo.

Hipertensión: presión arterial sistólica

Investigaciones previas han mostrado los efectos positivos del ejercicio físico sobre la presión arterial⁴⁰. Respecto a la suplementación con curcuminoides, existe cierta controversia. Mientras que una revisión encontró que disminuye la presión arterial sistólica⁴¹, otra no constató cambios⁴². La presente revisión aporta luz a este asunto, ya que se encontró que todos los grupos de intervención mejoraron la presión arterial sistólica, excepto el grupo de suplementación con curcuminoides en sujetos normotensos³⁵. Los sujetos en el grupo EF + SC obtuvieron resultados ligeramente mejores que SC o EF. En este sentido, tendría cabida combinar suplementación con curcuminoides y ejercicio físico para el manejo de la hipertensión asociada al síndrome metabólico, ya que, en tres de cuatro estudios, se encuentran significativamente mayores reducciones en EF + SC que en EF y/o SC y, en uno de los estudios, una interacción suplemento + ejercicio significativa³⁴. Cabe destacar que, prácticamente en todos los estudios, el grupo EF + SC redujo la presión arterial a valores saludables (≤ 120 mmHg)⁴⁰.

Perfil glucémico: glucosa en sangre en ayunas

Al contrario que en las variables presentadas anteriormente, en las que el grupo EF + SC obtenía los mejores resultados, la suplementación con curcuminoides proporcionó resultados li-

geramente mejores o al menos similares sobre el perfil glucémico, lo cual refuerza la literatura previa^{37,43}. Mientras que todos los sujetos con hiperglucemia mejoraron sus niveles, aunque no lo suficiente para entrar en rangos saludables¹⁷, los sujetos con niveles normales de glucemia no vieron modificados sus valores³⁵. La interacción suplemento + ejercicio mostró un efecto estadísticamente significativo sobre la glucemia en tres de los cinco estudios analizados y, por tanto, cabe esperar un efecto sinérgico aditivo con la combinación de ambos tratamientos.

Características de los estudios: fortalezas, limitaciones y futuras líneas

En primer lugar, como aspectos a tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados, resalta que todos los estudios han analizado mujeres con síndrome metabólico o alguna comorbilidad asociada, a excepción de uno que utilizó mujeres obesas pero aparentemente sanas³⁵. Además, entre los diferentes estudios se utilizaron duraciones relativamente breves, pudiendo ser un factor que condicione los resultados. Destaca la calidad de baja a media obtenida por todos los estudios. Un aspecto relevante es la falta de precisión a la hora de reportar la significación de las pruebas estadísticas. Algunos estudios no reportan los valores *p* exactos de las comparaciones intragrupo, y ninguno de las comparaciones entre grupos. Por tanto, es difícil evaluar las diferencias reales y concluir de manera robusta sobre el posible efecto sinérgico de ejercicio físico y suplementación con curcumina. Esto se solventó mediante el análisis secundario de interacciones y pruebas *post-hoc*. Sin embargo, los errores de tipo I y II no pueden ser descartados debido al reducido tamaño muestral utilizado. De manera similar, varios estudios parecían tener la misma muestra y/o mismas variables. Para evitar sesgos en nuestros resultados por duplicidad en los datos⁴⁴, estos estudios fueron unificados para análisis (véase el apartado "Resultados de la búsqueda").

En segundo lugar, con relación a los procedimientos, la información aportada por los estudios es imprecisa en muchos casos; por ejemplo, los métodos de extracción de curcumina, la composición del suplemento o los protocolos de entrenamiento no se detallan en varios artículos.

Futuros estudios de intervención deberían comparar los efectos de aplicar variaciones específicas en los métodos de ejercicio (por ejemplo, cardiorrespiratorio/fuerza, interválico/continuo, realizado en laboratorio/en casa, supervisado/autónomo, etc.), posologías, métodos de extracción y/o tipos de curcuminoides. A raíz de esto, se hace interesante evaluar mediante estrategias metanalíticas los beneficios sobre las variables dependientes estudiadas.

Respecto a los protocolos de suplementación, considerando que la mayoría de los estudios han obtenido resultados positivos con dosis muy diversas, se hace difícil extraer conclusiones robustas. Futuras investigaciones deberían analizar la dosis-respuesta adecuada mediante agrupaciones por dosis específicas. De manera similar, el tipo de suplemento, el método de extracción y la pureza difirieron entre estudios. En este sentido, diferentes presentaciones pueden conllevar cambios en la biodisponibilidad de la sustancia¹³.

Con relación a los programas de entrenamiento, cabe destacar que no se han encontrado estudios que aborden el entrenamiento de la flexibilidad o neuromotor en combinación con suplementación con curcumina sobre el síndrome metabólico. Con esto en mente, futuros estudios deberían abordar el efecto del entrenamiento multicomponente (combinación de diferentes metodologías, como entrenamiento de la fuerza, cardiorrespiratorio, de flexibilidad y neuromotor en una misma sesión) sobre el síndrome metabólico. Analizando la cuantificación de la carga planteada por los diferentes estudios y, de acuerdo con recomendaciones previas⁴⁵, se puede aconsejar realizar ejercicio cardiorrespiratorio tanto continuo como en series a intensidades moderadas (50-80 % de la frecuencia cardíaca máxima) y sesiones de duración total alrededor de 60 minutos (incluyendo calentamiento y vuelta a la calma). Una manera sencilla de controlar la intensidad para actividades moderadas es ejecutar el ejercicio a una intensidad que permita ser capaz de hablar, pero no de cantar⁴⁶. De la misma manera, existen escalas de esfuerzo subjetivo validadas para cuantificar la intensidad (por ejemplo, entre 0 y 10 puntos)⁴⁷. Respecto a la frecuencia de entrenamiento, la mayoría de los estudios utilizaron 3 días por semana. En este sentido, literatura previa⁴⁸ aconseja, en el caso de las personas mayores de 60 años, in-

crementar la frecuencia de actividad física tanto como sea factible⁴⁹.

>>CONCLUSIONES

Hasta donde alcanza nuestro conocimiento, esta es la primera revisión sistemática que sintetiza los efectos combinados de practicar ejercicio físico en combinación con suplementación con curcuminoides sobre el síndrome metabólico. A nivel general, se ha observado que tanto el ejercicio físico moderado como la suplementación con curcuminoides, mejoran el IMC, circunferencia de cintura, triglicéridos, HDL colesterol, presión arterial sistólica y glucemia, especialmente en sujetos con valores alterados. Además, aunque no en todos los casos, la interacción de ambos tratamientos parece tener un efecto sumatorio sobre los parámetros analizados, principalmente sobre la glucemia. Estas conclusiones deben ser interpretadas cautelosamente hasta que lleguen nuevos estudios de mayor calidad en términos de selección de participantes, duración de las intervenciones y presentación de los resultados.

En resumen, tanto por sus efectos independientes como por su posible interacción, la combinación de entrenamiento cardiorrespiratorio (caminar/correr y pedalear en cicloergómetro, a intensidades moderadas entre el 50 y 80 % de la frecuencia cardíaca máxima, continuo o interválico, con una duración de sesión aproximada de 60 minutos y una frecuencia mínima de 3 días por semana) junto con suplementación con curcuminoides (en cápsulas, comprimidos o geles, con dosis de entre 80 y 2100 mg/día y concentraciones entre el 12 y el 85 %) podría ser útil en mujeres con síndrome metabólico. Estos resultados pueden ser de interés para profesionales que traten con personas con síndrome metabólico y/o comorbilidades, pudiendo individualizar con precisión programas específicos de ejercicio físico y suplementación con curcuminoides.

>>AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Mafalda Sánchez-Pastor por su contribución técnica en el manejo de datos de la investigación.

>> BIBLIOGRAFÍA

1. Swarup S, Goyal A, Grigorova Y, Zeltser R. Metabolic Syndrome. 2022 Oct 24. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
2. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al; International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; International Association for the Study of Obesity. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009;120(16):1640-5. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA
3. Cuesta M, Fuentes M, Rubio M, Bordiu E, Barabash A, Garcia de la Torre N, et al. Incidence and regression of metabolic syndrome in a representative sample of the Spanish population: results of the cohort di@bet.es study. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2020;8(1):e001715. DOI: 10.1136/bmjdr-2020-001715
4. Lim S, Eckel RH. Pharmacological treatment and therapeutic perspectives of metabolic syndrome. *Rev Endocr Metab Disord*. 2014;15(4):329-41. DOI: 10.1007/s11154-014-9298-4
5. Van Namen M, Prendergast L, Peiris C. Supervised lifestyle intervention for people with metabolic syndrome improves outcomes and reduces individual risk factors of metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Metabolism*. 2019;101:153988. DOI: 10.1016/j.metabol.2019.153988
6. Aguilar-Salinas CA, Viveros-Ruiz T. Recent advances in managing/understanding the metabolic syndrome. *F1000Res*. 2019;8:F1000 Faculty Rev-370. DOI: 10.12688/f1000research.17122.1
7. González-Muniesa P, Martínez JA. Precision Nutrition and Metabolic Syndrome Management. *Nutrients*. 2019;11(10):2411. DOI: 10.3390/nu11102411
8. Kotha RR, Luthria DL. Curcumin: Biological, Pharmaceutical, Nutraceutical, and Analytical Aspects. *Molecules*. 2019;24(16):2930. DOI: 10.3390/molecules24162930
9. Kunnumakkara AB, Bordoloi D, Padmavathi G, Monisha J, Roy NK, Prasad S, et al. Curcumin, the golden nutraceutical: multitargeting for multiple chronic diseases. *Br J Pharmacol*. 2017;174(11):1325-48. DOI: 10.1111/bph.13621
10. Wewege MA, Thom JM, Rye KA, Parmenter BJ. Aerobic, resistance or combined training; A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. *Atherosclerosis*. 2018;274:162-71. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.05.002
11. Gargallo P, Tamayo E, Jiménez-Martínez P, Juesas A, Casaña J, Benítez-Martínez JC, et al. Multicomponent and power training with elastic bands improve metabolic and inflammatory parameters, body composition and anthropometry, and physical function in older women with metabolic syndrome: A 20-week randomized, controlled trial. *Exp Gerontol*. 2024;185:112340. DOI: 10.1016/j.exger.2023.112340
12. Flandez J, Belando N, Gargallo P, Fernández-Garrido J, Vargas-Foitzick RA, Devis-Devis J, et al. Metabolic and Functional Profile of Premenopausal Women With Metabolic Syndrome After Training With Elastics as Compared to Free Weights. *Biol Res Nurs*. 2017;19(2):190-7. DOI: 10.1177/1099800416674307
13. Dei Cas M, Ghidoni R. Dietary Curcumin: Correlation between Bioavailability and Health Potential. *Nutrients*. 2019;11(9):2147. DOI: 10.3390/nu11092147
14. Hewlings SJ, Kalman DS. Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*. 2017;6(10):92. DOI: 10.3390/foods6100092
15. Kasprzak-Drozd K, Oniszczuk T, Gancarz M, Kondracka A, Rusinek R, Oniszczuk A. Curcumin and Weight Loss: Does It Work? *Int J Mol Sci*. 2022;23(2):639. DOI: 10.3390/ijms23020639
16. Priyadarsini KI. The chemistry of curcumin: from extraction to therapeutic agent. *Molecules*. 2014;19(12):20091-112. DOI: 10.3390/molecules191220091
17. Galmes-Panades AM, Bennasar-Veny M, Oliver P, Garcia-Coll N, Chaplin A, Fresneda S, et al. Efficacy of Different Modalities and Frequencies of Physical Exercise on Glucose Control in People with Prediabetes (GLYCEX Randomised Trial). *Metabolites*. 2022;12(12):1286. DOI: 10.3390/metabo12121286
18. Jabczyk M, Nowak J, Hudzik B, Zubelewicz-Szkodzińska B. Curcumin in Metabolic Health and Disease. *Nutrients*. 2021;13(12):4440. DOI: 10.3390/nu13124440
19. Sousa RAL, Magalhães COD, Dias IR, Oliveira LRS, Improta-Caria AC, Cassilhas RC. Cross talk mechanisms of aerobic exercise training on obesity, type 2 diabetes, and Alzheimer's disease: the role of insulin resistance. *Rev Assoc Med Bras (1992)*. 2022;68(7):963-7. DOI: 10.1590/1806-9282.20211210
20. Choi Y, Tanabe Y, Akazawa N, Zempo-Miyaki A, Maeda S. Curcumin supplementation attenuates the decrease in endothelial function following eccentric exercise. *J Exerc Nutrition Biochem*. 2019;23(2):7-12. DOI: 10.20463/jenb.2019.0010

21. Nanavati K, Rutherford-Markwick K, Lee SJ, Bishop NC, Ali A. Effect of curcumin supplementation on exercise-induced muscle damage: a narrative review. *Eur J Nutr.* 2022;61(8):3835-55. DOI: 10.1007/s00394-022-02943-7
22. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. DOI: 10.1136/bmj.n71
23. Eriksen MB, Frandsen TF. The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search strategy tool on literature search quality: a systematic review. *J Med Libr Assoc.* 2018;106(4):420-31. DOI: 10.5195/jmla.2018.345
24. Drevon D, Fursa SR, Malcolm AL. Intercoder Reliability and Validity of WebPlotDigitizer in Extracting Graphed Data. *Behav Modif.* 2017;41(2):323-39. DOI: 10.1177/0145445516673998
25. Smart NA, Waldron M, Ismail H, Giallauria F, Vigorito C, Cornelissen V, et al. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *Int J Evid Based Healthc.* 2015;13(1):9-18. DOI: 10.1097/XEB.000000000000020
26. MacInnes J. Secondary analysis of quantitative data. SAGE Publications; 2020. DOI: 10.4135/9781526421036870195.
27. Cumming G, Calin-Jageman R. Introduction to the new statistics: Estimation, open science, and beyond. New York: Routledge; 2017. Disponible en: <https://www.routledge.com/Introduction-to-the-New-Statistics-Estimation-Open-Science-and-Beyond/Cumming-Calin-Jageman/p/book/9781138825529>
28. Darmian MA, Hoseini R, Amiri E. How combined and separate aerobic training and turmeric supplementation alter lipid profile and glycemic status? A clinical trial in middle-aged females with type 2 diabetes and hyperlipidemia. *Int Cardiovasc Res J.* 2021;15:111-8.
29. Darmian MA, Hoseini R, Amiri E, Golshani S. Downregulated hs-CRP and MAD, upregulated GSH and TAC, and improved metabolic status following combined exercise and turmeric supplementation: a clinical trial in middle-aged women with hyperlipidemic type 2 diabetes. *J Diabetes Metab Disord.* 2022;21(1):275-83. DOI: 10.1007/s40200-022-00970-z
30. Dolati S, Namiranian K, Amerian R, Mansouri S, Arshadi S, Azarbayjani MA. The Effect of Curcumin Supplementation and Aerobic Training on Anthropometric Indices, Serum Lipid Profiles, C-Reactive Protein and Insulin Resistance in Overweight Women: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *J Obes Metab Syndr.* 2020;29(1):47-57. DOI: 10.7570/jomes19055
31. Farzad L, Dolati S, Far AH. The effect of aerobic training and supplementation of curcumin on the glycemic markers and level of myeloperoxidase enzyme of overweight women. *Romanian J Diabetes Nutr Metab Dis.* 2020;27:281-8.
32. Moradi Kelardeh B, Rahmati-Ahmadabad S, Farzanegi P, Helalizadeh M, Azarbayjani MA. Effects of non-linear resistance training and curcumin supplementation on the liver biochemical markers levels and structure in older women with non-alcoholic fatty liver disease. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(3):154-60. DOI: 10.1016/j.jbmt.2020.02.021
33. Osali A. Aerobic exercise and nano-curcumin supplementation improve inflammation in elderly females with metabolic syndrome. *Diabetol Metab Syndr.* 2020;12:26. DOI: 10.1186/s13098-020-00532-4
34. Osali A, Rostami A. Effect of 6 weeks of aerobic training with nanocurcumin consumption on IL1 β , nitric oxide, and depression in women with metabolic syndrome. *Int J Diabetes Dev Ctries.* 2023;43:1007-14.
35. Sugawara J, Akazawa N, Miyaki A, Choi Y, Tanabe Y, Imai T, et al. Effect of endurance exercise training and curcumin intake on central arterial hemodynamics in postmenopausal women: pilot study. *Am J Hypertens.* 2012;25(6):651-6. DOI: 10.1038/ajh.2012.24
36. Zamani SK, Rezagholizadeh DM. Effect of eight-week curcumin supplementation with endurance training on glycemic indexes in middle age women with type 2 diabetes in Iran, A preliminary study. *Diabetes Metab Syndr.* 2021;15(3):963-7. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.04.002
37. Tian J, Feng B, Tian Z. The Effect of Curcumin on Lipid Profile and Glycemic Status of Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2022;2022:8278744. DOI: 10.1155/2022/8278744
38. Wang Y, Xu D. Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins. *Lipids Health Dis.* 2017;16(1):132. DOI: 10.1186/s12944-017-0515-5
39. Dehzad MJ, Ghalandari H, Amini MR, Askarpour M. Effects of curcumin/ turmeric supplementation on lipid profile: A GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Complement Ther Med.* 2023;75:102955. DOI: 10.1016/j.ctim.2023.102955
40. Ghadieh AS, Saab B. Evidence for exercise training in the management of hypertension in adults. *Can Fam Physician.* 2015;61(3):233-9.
41. Hadi A, Pourmasoumi M, Ghaedi E, Sahebkar A. The effect of Curcumin/Turmeric on blood pressure modulation: A systematic review and meta-analysis. *Pharmacol Res.* 2019;150:104505. DOI: 10.1016/j.phrs.2019.104505
42. Qiu L, Gao C, Wang H, Ren Y, Li J, Li M, et al. Effects of dietary polyphenol curcumin supplementation on metabolic, inflammatory, and oxidative stress indices in patients with metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:1216708. DOI: 10.3389/fendo.2023.1216708

43. Zhang DW, Fu M, Gao SH, Liu JL. Curcumin and diabetes: a systematic review. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013;2013:636053. DOI: 10.1155/2013/636053
44. Altay S, Koçak Z. Multiple Publications From the Same Dataset: Is It Acceptable? *Balkan Med J*. 2021;38(5):263-4. DOI: 10.5152/balkanmedj.2021.21008
45. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25 Suppl 3:1-72. DOI: 10.1111/sms.12581
46. Yang YJ. An Overview of Current Physical Activity Recommendations in Primary Care. *Korean J Fam Med*. 2019;40(3):135-42. DOI: 10.4082/kjfm.19.0038
47. Colado JC, Gené-Morales J, Jiménez-Martínez P, Flandez J, Ferri-Caruana AM, Babiloni-Lopez C. Rating of Perceived Exertion in the First Repetition is Related to the Total Repetitions Performed in Elastic Bands Training. *Motor Control*. 2023;27(4):830-43. DOI: 10.1123/mc.2023-0017
48. Aadahl M, Von Huth Smith L, Pisinger C, Toft UN, Glümer C, Borch-Johnsen K, et al. Five-year change in physical activity is associated with changes in cardiovascular disease risk factors: the Inter99 study. *Prev Med*. 2009;48(4):326-31. DOI: 10.1016/j.ypmed.2009.01.015
49. Aadahl M, Kjaer M, Jørgensen T. Associations between overall physical activity level and cardiovascular risk factors in an adult population. *Eur J Epidemiol*. 2007;22(6):369-78. DOI: 10.1007/s10654-006-9100-3