

Efecto del ejercicio físico sobre factores de riesgo cardiometabólicos en preadolescentes y adolescentes con obesidad severa: una revisión sistemática

Effect of physical exercise on cardiometabolic risk factors in preadolescents and adolescents with severe obesity: a systematic review

Valeska Sanhueza-Morales*, Felipe Hermosilla-Palma**, Tomás Reyes-Amigo***, Nicolás Gómez-Álvarez*

*Universidad Adventista de Chile (Chile), **Universidad Autónoma de Chile (Chile), ***Universidad de Playa Ancha (Chile)

Resumen. Objetivo: Esta revisión sistemática tuvo por objetivo valorar el efecto del ejercicio físico sobre factores de riesgo cardiometabólicos en preadolescentes y adolescentes con obesidad severa. Metodología: Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura en las bases de datos Web of Science, PubMed, Scopus, Scielo, Cochrane, EBSCO, de los artículos publicados hasta el 17 de agosto de 2022. Se incluyeron estudios en los que participaron preadolescentes o adolescentes entre 10 y 18 años con obesidad severa, tanto en una intervención de entrenamiento físico estructurado o no estructurados de al menos 4 semanas. Resultados: Se observaron mejoras significativas posterior a la intervención en peso corporal, IMC, perímetro de cintura, porcentaje de grasa corporal, presión arterial, glucosa en ayunas, insulina, HOMA-IR, colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, sin cambios significativos en triglicéridos, en comparación al inicio de la intervención. Al comparar los resultados con el grupo control, solo se reportaron diferencias significativas en peso corporal, IMC y porcentaje de grasa corporal. Conclusión: El ejercicio físico se asoció con una disminución de algunos factores de riesgo cardiometabólicos, sin embargo, los resultados fueron inconsistentes al compararlos con un grupo control.

Palabras clave: Pérdida de peso, síndrome metabólico, factores de riesgo cardiovascular, entrenamiento.

Abstract. Objective: The aim of this systematic review was to assess the effect of physical exercise on cardiometabolic risk factors in pre-adolescents and adolescents with severe obesity. Methodology: A systematic search of the literature was carried out using the databases Web of Science, PubMed, Scopus, Scielo, Cochrane, EBSCO, of articles published up to 17 August 2022. We included studies involving pre-adolescents or adolescents, aged 10-18 years with severe obesity, in either a structured or unstructured physical training intervention of at least 4 weeks. Results: Significant post-intervention improvements were observed in body weight, BMI, waist circumference, body fat percentage, blood pressure, fasting glucose, insulin, HOMA-IR, total cholesterol, cholesterol HDL, cholesterol LDL, with no significant changes in triglycerides, compared to baseline. When comparing the results with the control group, only significant differences in body weight, BMI and body fat percentage were reported. Conclusion: Physical exercise was associated with a decrease in some cardiometabolic risk factors, however, the results were inconsistent when compared to a control group.

Keywords: Weight loss, metabolic syndrome, cardiovascular risk factors, training.

Fecha recepción: 12-01-24. Fecha de aceptación: 09-04-24

Nicolás Gómez-Álvarez
nicolasgomez@unach.cl

Introducción

La prevalencia de obesidad en niños y adolescentes a nivel mundial ha mostrado un incremento sostenido desde los años 70 hasta la actualidad (Bentham et al., 2017), lo que ha generado un importante problema de salud pública tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (Alba-Martín, 2016). Dentro de la clasificación de obesidad, una de las que más causa preocupación es la obesidad severa (OBS) (Bendor et al., 2020). Algunos autores sugieren que, cualquier niño o adolescente con un índice de masa corporal (IMC) >3,5 desviaciones estándar normalizadas para la edad y sexo debería ser clasificado con OBS (Yeste et al., 2020). La prevención y tratamiento de la obesidad a temprana edad es esencial para disminuir las comorbilidades inmediatas y a largo plazo en la población. Estudios revelan que la obesidad en la preadolescencia y adolescencia puede desencadenar mayores riesgos de desarrollar disfunciones musculoesqueléticas y ortopédicas (Paulis et al., 2014), aumento en las probabilidades de padecer enfermedades crónicas no transmisibles (Bendor et al., 2020), trastornos psicológicos e incluso muerte prematura (Reinehr, 2017). A largo plazo se ha identificado que adolescentes con obesidad tienen más de un 80% de probabilidad de continuar siendo

obesos a la edad de 35 años y aumentando el riesgo de desarrollo de otras comorbilidades (Ward et al., 2017). Estos factores de riesgo aumentan considerablemente en casos de OBS por lo que el tratamiento temprano puede ayudar significativamente a una disminución de la carga sanitaria (Chung & Rhie, 2021).

El tratamiento de la OBS en preadolescentes y adolescentes, se ha basado principalmente en tratamiento farmacológico (Srivastava et al., 2019; Yeste et al., 2020), conductual (Cardel et al., 2020) y en los últimos años se ha comenzado a recomendar la cirugía bariátrica para aquellos adolescentes con OBS con comorbilidades graves (Amézquita et al., 2020). Sin embargo, el tratamiento conductual basado en la incorporación de actividad física sistemática, es el pilar fundamental para el control de la composición corporal (Cardel et al., 2020). Los estudios reportan que el aumento de la práctica de actividad física se asocia favorablemente con una disminución de la adiposidad, una mejora en los biomarcadores cardiometabólico, desarrollo de habilidades motoras, condición física e indicadores psicológicos y cognitivos (Ortega et al., 2019; Poitras et al., 2016). Además, se ha reportado que las intervenciones de ejercicio supervisado podrían ser efectivos en reducir el IMC, además de mejorar los síntomas

psicológicos en adolescentes con obesidad (Ruotsalainen et al., 2015).

Dada la alta prevalencia de inactividad física en niños y adolescentes, se ha propuesto que el ejercicio físico podría ser efectivo en el tratamiento de la OBS. En este sentido, se ha reportado que el entrenamiento basado en ejercicios aeróbicos y el entrenamiento combinado con ejercicio aeróbico y de fuerza, podrían reducir los factores de riesgos de enfermedades cardiovasculares (Fernández et al., 2018; Kelley et al., 2021). Si bien en la actualidad la literatura científica entrega variadas investigaciones sobre los efectos del ejercicio físico en adolescentes, es reducida la evidencia de los efectos del ejercicio físico en preadolescentes y adolescentes con OBS, por ello, el objetivo de esta investigación fue valorar el efecto del ejercicio físico sobre factores de riesgo cardiometabólicos en preadolescentes y adolescentes con obesidad severa.

Métodos

Se realizó una Revisión sistemática de acuerdo con las directrices de "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) guidelines" (Page et al., 2021).

Criterios de elegibilidad

Se utilizó el modelo de población, intervención, comparación, resultados y tipos de estudio (PICOS) para establecer los criterios de elegibilidad para la revisión sistemática.

Población: Se incluyeron estudios en los que participaron preadolescentes o adolescentes, de género masculino o femenino entre 8 y 18 años con obesidad severa (desviación estándar mayor a 3,5 del IMC normalizadas para la edad y sexo, DE z-score). Se excluyeron estudios en los que participaron preadolescentes o adolescentes con discapacidad, o preadolescentes y adolescentes en donde la causa principal de la obesidad no fue producto de su estilo de vida, sino debido a otras patologías (etiología secundaria o desconocida).

Intervención: Se incluyeron estudios que implementaron tipo de entrenamiento estructurado (fuerza, aeróbico o combinación) o no estructurado (deportes, fitness grupal u otros) de al menos 4 semanas de duración. Fueron excluidos estudios que no describieron las características de la sesión de entrenamiento (sesiones semanales, duración de la sesión, tipo de actividades).

Comparación: Se incluyeron estudios que compararon la efectividad del entrenamiento versus un grupo control inactivo que no recibió otro tipo de intervención de ejercicio físico, o versus otro grupo que recibió una intervención de ejercicio físico distinta.

Resultados: Se incluyeron estudios que presentaron al menos un resultado de evaluaciones antropométricas y de composición corporal (peso, talla, IMC, %masa grasa, perímetro de cintura), presión arterial, variables

bioquímicas de riesgo metabólicos y perfil lipídico (glucemia en ayunas, insulina, HOMA-IR, colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos)

Tipos de informes de estudio: Ensayos controlados aleatorizados y no aleatorizados, publicados en revistas revisadas por pares de los artículos publicados hasta agosto de 2022, en inglés, español o portugués.

Fuentes y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura en agosto de 2022 en las bases de datos Web of Science, PubMed, Scopus, Scielo, Cochrane, EBSCO. Se utilizaron las siguientes palabras claves para la búsqueda con los operadores booleanos OR y AND para la población ([*Children* OR *Adolescent* OR *Child** OR *Pre-adolescent* OR *young* OR *Youth*] AND ["*severe obesity*" OR "*severely obese*" OR "*morbidity obesity*"]) y la intervención (*exercise* OR *physical activity* OR *physiotherapy* OR *train** OR *sport* OR *aerobic training* OR *strength training*). La estrategia de búsqueda fue realizada sobre los títulos, resúmenes y palabras claves en cada una de las bases de datos

Selección de estudios

La evaluación de elegibilidad de los estudios se realizó por dos revisores de forma independiente, siguiendo el cumplimiento de los elementos de paciente, intervención, comparación y resultado (PICO). Se evaluó el título y resumen, posteriormente se seleccionaron los textos completos de los registros potencialmente relevantes. Los desacuerdos, se resolvieron por consenso, en una reunión previamente citada.

Proceso de recopilación de datos

Dos revisores, extrajeron de manera independiente los datos relevantes de los estudios seleccionados. Se obtuvieron variables como primer autor y año de publicación, características del estudio (es decir, nombre y diseño del estudio, número de participantes, criterios de inclusión/exclusión, edad, género y país), características de la intervención (tipos de entrenamientos, frecuencia, duración de la sesión, e intensidad) resultados y magnitud del efecto.

Calidad metodológica

Dos autores evaluaron de forma independiente la calidad metodológica de los estudios incluidos mediante la Escala PEDro (*PEDro - Escala PEDro*, 1999). Esta escala de calificación presenta once criterios, en los cuales evalúa: 1) inclusión y fuente; 2) asignación al azar; 3) asignación oculta; 4) comparabilidad al inicio; 5) sujetos cegados; 6) terapeutas cegados; 7) evaluadores cegados; 8) resultados por encima del 85%; 9) análisis por intención de tratar; 10) comparaciones entre grupos; 11) datos de media y variabilidad. Cada criterio se puntúa solo cuando esté se cumpla claramente. En cada caso donde se generó desacuerdo, se resolvió por consenso.

Resultados

Selección de estudios

De los 1.063 estudios identificados, 426 artículos estaban duplicados, 556 artículos fueron excluidos posterior al análisis de título y resumen por no estar relacionados con el objetivo de la revisión sistemática, y 74 excluidos posterior a la lectura de texto completo por no cumplir los criterios de elegibilidad. Las razones principales para la exclusión de los estudios son; intervención inadecuada (56,7%), comparación inadecuada (31%), población inadecuada (6,7%), otra razón, como no tener acceso al texto completo (4%) y resultados inadecuados (1,3%). Solo siete estudios cumplieron los criterios de inclusión, los cuales fueron incluidos para su análisis. (Figura 1).

La calidad metodológica evaluada según la escala PEDro reportó que los estudios incluidos en esta revisión sistemática presentan una calidad metodológica moderada, con una puntuación promedio de $5,6 \pm 1,1$. La evaluación de la calidad metodológica de los estudios se indica en la tabla 1.

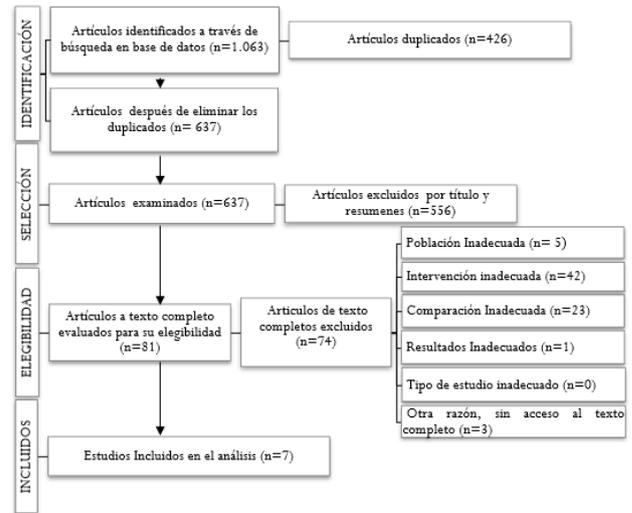


Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de estudios. Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Evaluación calidad metodológica según escala PEDro (18)

Autor	Criterios de Evaluación											Puntuación Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Fernández et al. 2004	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Gueugnon et al. 2012	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Lee et al. 2010	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Montero et al. 2021	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Nemet et al. 2013	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6
Obert et al. 2013	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Racil et al. 2016	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5

Puntuación: Cada criterio se puntúa solo cuando esté se cumpla claramente.

Criterios: 1) inclusión y fuente; 2) asignación al azar; 3) asignación oculta; 4) comparabilidad al inicio; 5) sujetos ciegos; 6) terapeutas ciegos; 7) evaluadores ciegos; 8) resultados por encima del 85%; 9) análisis por intensidad de tratar; 10) comparaciones entre grupos; 11) datos de media y variabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Características generales de los estudios y participantes

Los estudios seleccionados se publicaron entre los años 2004 y 2021, en idioma inglés, estos fueron realizados en 5 países diferentes; Francia (Gueugnon et al., 2012; Montero et al., 2021) Brasil (Fernandez et al., 2004), Israel (Nemet et al., 2013), Corea (Lee et al., 2010) y Túnez (Racil et al., 2016). Dos estudios informaron el uso de un diseño controlado aleatorio (Fernandez et al., 2004; Nemet et al., 2013).

Los siete estudios incluidos consideraron grupo control, adicionalmente tres estudios incluyeron más de un grupo de ejercicio (Fernandez et al., 2004; Lee et al., 2010; Racil et al., 2016). En total se incluyeron 17 grupos (10 de ejercicio, 7 de control) y un total de 287 participantes. Dos estudios fueron realizados solo en hombres (Fernandez et al., 2004; Racil et al., 2016) y cinco en ambos sexos (Gueugnon et al., 2012; Lee et al., 2010; Montero et al., 2021; Nemet et al., 2013; Obert et al., 2013). Los métodos utilizados para clasificar la obesidad variaron entre los diferentes estudios.

Cuatro estudios informaron que los participantes no presentaban trastornos endocrinos, diabetes y enfermedades cardíacas (Gueugnon et al., 2012; Montero et al., 2021; Nemet et al., 2013; Obert et al., 2013). Un estudio reportó que sus participantes no eran fumadores (Montero et al., 2021), dos estudios reportaron que ninguno de los sujetos recibió medicamentos que pudieran interferir con el crecimiento, el ejercicio o la pérdida de peso (Montero et al., 2021; Nemet et al., 2013). Un estudio reportó que sus participantes no presentaban contraindicaciones para realizar ejercicio físico (Fernandez et al., 2004), y otro estudio señaló que ninguno de sus participantes era sedentario (Montero et al., 2021). Dos estudios no detallan información de sus participantes referente a contraindicaciones o nivel de actividad física anterior a la intervención (Lee et al., 2010; Racil et al., 2016). Ninguno de los estudios informó eventos adversos graves. Solo un estudio reportó abandono de participantes en el transcurso de la intervención (Nemet et al., 2013). (Ver Tabla 2)

Tabla 2.
Características generales de los estudios (19–25)

Autor	Población			Intervención			Duración; Frecuencia	Variables de interés
	Clasificación OBS	Sexo	Edad	Grupos	Modalidad	Características de la intervención		
Fernandez et al. 2004	IMC \geq 95% de adaptación en relación con el percentil 50.	M	15 a 19 años; 16,08 \pm 1,23	HIIT (n=10)	HIIT en cicloergómetro	Serie: 30 segundos con un intervalo de recuperación activa (caminata) de 3 minutos. Intensidad: Carga equivalente a 25 vatios X 0.8% de la masa corporal del voluntario. Tiempo: mes 1, 40 minutos; mes 2, 50 minutos; mes 3, 60 minutos.	3 meses; 3v/s	Peso Corporal; Talla; IMC y %GC
				EA (n=9)	EA en cicloergómetro	Intensidad: 60 a 70% del Vo2máx. Tiempo: mes 1, 40 minutos; mes 2, 50 minutos; mes 3, 60 minutos.		
				Grupo Control (n=9)	Sin prescripción de ejercicios físicos durante tres meses con orientación nutricional y consulta al nutricionista cada mes.			
Gueugnon et al. 2012	IMC > percentil 97% francés.	M-F	14.7 \pm 0.2 y 14.3 \pm 0.3 años	Grupo Ejercicio (n=32)	HIIT+ EA, basados en juegos y deportes	Meses 1 y 2 HIIT + EA; Meses 3-9 Tiempo: 45 a 60 min. Intensidad: Moderada	9 meses; 2 v/s (meses 1–2), 5 v/s (meses 3-9)	Peso Corporal; IMC; Glucosa en ayunas; Insulina y HOMA-IR
				Grupo Control (n=15)	Referencia para las evaluaciones de base			
Lee et al. 2010	El IMC > percentil 95% para la edad y el sexo.	M-F	12 y 14 años	EA+EF (n=20)	Entrenamiento en circuitos	Serie: 8 a 10 ejercicios en estaciones de 30 segundos para 10 segundos de descanso. Intensidad: Moderada (70-80% de la fuerza máxima). Tiempo: 60 minutos	2,5 meses; 3v/s	IMC; PC; PAS; CT; HDL; TG y Glucosa en ayunas
				AE (n=16)	AE basado en deportes	Intensidad: Se ajustó a una FC del 70-90% de la FCM y 300-400 kcal para una sesión de ejercicio. Tiempo: 60 minutos		
				Grupo Control (n=18)	Mantuvieron su estilo de vida anterior			
Montero et al. 2021	IMC Z-Score > 3	M-F	13 y 15 años	Grupo Ejercicio (n=28)	Ejercicios intervalados basado en actividades lúdicas	Tiempo: 90 min cada sesión	4 meses; 4 v/s	Peso Corporal; Talla; IMC; %GC; CT; HDL; LDL; TG y Glucosa en ayunas
				Grupo Control (n=21)				
Nemet et al. 2013	IMC > Percentil 98%	M-F	8.5 \pm 1.2 y 8.6 \pm 2.0 años	Grupo Ejercicio (n=25)	EA, basados en juegos y deportes	Estas actividades variaron en duración e intensidad. Tiempo: 1 h por sesión de entrenamiento.	3 meses; 3 v/s	Peso corporal; Talla; IMC y %GC
				Grupo Control (n=20)	Los sujetos del grupo control fueron remitidos a una consulta nutricional ambulatoria al menos una vez y se les indicó que realizaran actividad física diaria por su cuenta.			
Obert et al. 2013	IMC Z-Score > 3	M-F	14,9 \pm 1,6 y 14,2 \pm 1,5 años	Grupo Ejercicio (n=28)	HIIT en cicloergómetro + EA basados en juegos y deportes.	Serie: Nueve series de 5 min cada uno, 4 min de actividad moderada (50% del PAM) y 1 min de actividad intensa (85% del MAP). Las cargas de trabajo se reajustaron alternativamente (+10	9 meses; 3 v/s	Peso Corporal; Talla; IMC; PC; PAS;

				W) para mantener la FC objetivo a lo largo del tiempo.		PAD; CT; HDL; LDL; TG; Glucosa en ayunas; Insulina y HOMA-IR
				Grupo Control (n=20)		
Racil et al. 2016	IMC Z-Score $\geq 3,5$	M	15.7 \pm 0.9 años	HIIT (n=7)	HIIT	3 meses; 3 v/s
				Serie: Ejecución de 15 segundos, interespaciada con recuperación activa de 15 segundos. Intensidad: 100% del VAM.		
				MIIT (n=7)	MIIT	Serie: Ejecución de 15 segundos, interespaciada con recuperación activa de 15 segundos. Intensidad: 80% del VAM.
				Grupo Control (n=7)		

M: Masculino; F: Femenino; IMC: Índice de Masa Corporal; PC: Perímetro de Cintura; %GC: Porcentaje de grasa corporal; PAS: Presión arterial Sistólica; PAD: Presión arterial Diastólica; FC: Frecuencia cardíaca; HOMA-IR: Modelo homeostático de resistencia a la insulina; CT: Colesterol total; HDL: Lipoproteínas de alta densidad; LDL: Lipoproteínas de baja densidad; TG: Triglicéridos; EA: Ejercicio aeróbico; EF: Ejercicio de fuerza; HIIT: Entrenamiento en intervalos de alta intensidad; MIIT: Entrenamiento en intervalos de moderada intensidad; PAM: potencia aeróbica máxima individual; VAM: velocidad aeróbica máxima; VO2max: Consumo máximo de oxígeno; FCmax: Frecuencia cardíaca máxima; v/s: Veces por Semana
Fuente: Elaboración propia

Características de las Intervenciones

Las intervenciones tuvieron una duración entre 10 y 36 semanas, con una frecuencia semanal entre 2 a 5 sesiones y una duración entre 40 y 90 minutos. Todos los estudios incluyeron uno o más grupos de ejercicio aeróbico (Fernandez et al., 2004; Gueugnon et al., 2012; Lee et al., 2010; Montero et al., 2021; Nemet et al., 2013; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016). Además, cuatro estudios reportaron entrenamientos de intervalos de alta intensidad (Gueugnon et al., 2012; Montero et al., 2021; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016), solo un estudio incluyó un grupo de entrenamiento de fuerza (Fernandez et al., 2004) y dos estudios incluyeron un grupo combinado de entrenamiento aeróbico y de fuerza (Lee et al., 2010; Nemet et al., 2013).

Los programas de entrenamiento aeróbico de moderada intensidad y los programas de intervalos de alta intensidad fueron basados en ejercicios con cicloergómetros, carrera, actividades deportivas y/o recreativo/lúdicas (2021; Nemet et al., 2013; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016). Por otra parte, los programas que incluyeron ejercicios de fuerza lo hicieron utilizando el peso corporal organizados en un circuito (Lee et al., 2010)

La intensidad de los programas de entrenamiento aeróbico de moderada intensidad fue prescrita en función del VO₂ máx. (Fernandez et al., 2004), frecuencia cardíaca (Lee et al., 2010), velocidad aeróbica máxima (Obert et al., 2013) y potencia aeróbica máxima (Racil et al., 2016). Los programas intervalos de alta intensidad fueron prescritos en Vativos (Fernandez et al., 2004), potencia aeróbica máxima (Obert et al., 2013) y velocidad aeróbica máxima (Racil et al., 2016).

Además, tres estudios reportaron actividades físicas

complementarias al entrenamiento principal como caminar, juegos de pelota, nadar o escalar (Gueugnon et al., 2012; Obert et al., 2013), caminatas u otras actividades con carga de peso, terapia de movimiento (Nemet et al., 2013).

Resultados principales

Cambios en parámetros antropométricos y composición corporal

7 estudios reportaron cambios significativos luego de la intervención en al menos una de las medidas antropométrica o de composición corporal, pero solo 2 reportaron cambios significativos en relación a un grupo control (Obert et al., 2013; Montero et al., 2021). (Ver tabla 3).

Tabla 3. Síntesis cualitativa de los efectos del ejercicio físico sobre las variables antropométricas y de composición corporal

Autor	Peso Corporal	IMC	PC	% GC
Fernández et al. 2004 (HIIT)	↓	↓	-	↓
Fernández et al. 2004 (EA)	↓	↓	-	↓
Gueugnon et al. 2012	↓	↓	-	-
Lee et al. 2010 (EA +EF)	-	↔	↓	-
Lee et al. 2010 (EA)	-	↔	↓	-
Montero et al. 2021	↓*	↓*	-	↔*
Nemet et al. 2013	↓	↓	-	↔
Obert et al. 2013	↓*	↓*	↓	-

IMC: Índice de masa corporal; PC: Perímetro de Cintura; %GC: Porcentaje de grasa corporal; HIIT: Entrenamiento intervalado de alta intensidad; EA: Ejercicio aeróbico; EF: Ejercicio de fuerza; ↓: Reducción estadísticamente significativa; ↔: No existieron cambios significativos; *Diferencias significativas posterior a la intervención versus grupo control.

Fuente: Elaboración propia.

Los cambios porcentuales en el peso corporal se encontraron entre 1,01% (Nemet et al., 2013) y 10,95% (Gueugnon et al., 2012). Los cambios en comparación al inicio de la intervención fueron significativos en Fernández et al.

(2004) (2,97% y 3,03% en entrenamiento aeróbico y High-intensity interval training, HIIT), Nemet et al. (2013) (1,01%) y en Gueugnon et al. (2012) (10,95%). Solo en los estudios de Montero et al. (2021) y Obert et al. (2013) se encontraron diferencias con un grupo control (8,64% y 10,71% respectivamente). El índice de masa corporal mostró cambios significativos en relación al inicio en 5 estudios (Fernandez et al., 2004; Gueugnon et al., 2012; Montero et al., 2021; Nemet et al., 2013; Obert et al., 2013) y en solo en 1 estudio los cambios no fueron significativo (Lee et al., 2010). En relación con un grupo control, se identificaron diferencias significativas en los estudios de Montero et al. (2021) y Obert et al. (2013) con cambios porcentuales de 8,84% y 12,5% respectivamente. El estudio de Gueugnon et al. (2012) muestra una disminución del 13,20% en relación con el inicio, sin embargo, este estudio no contaba con grupo control inactivo.

El perímetro de cintura fue evaluado en solo dos estudios (Lee et al., 2010; Obert et al., 2013), con cambios porcentuales de un 7,4% y 3,29 en ejercicios combinados y aeróbicos (Lee et al., 2010), y un 16 % en el estudio de Obert et al. (2013). Los resultados mostraron ser significativos en relación con el inicio de la intervención, pero no mostraron diferencias en comparación a un grupo control.

Con relación a los valores de porcentaje de grasa corporal total, uno de los estudios reportó diferencias significativas entre el periodo inicial y final, tanto en un programa de entrenamiento aeróbico con una disminución del 8,29% y anaeróbico con una disminución de un 7,86% (Fernandez et al., 2004). Así también lo señalan otros estudios en donde se redujo porcentaje de grasa corporal en un 8,79% (Montero et al., 2021) y un 2,98% (Nemet et al., 2013), sin embargo, estas disminuciones no fueron significativas post intervención.

Tabla 4.
Características efectos del ejercicio físico sobre variables de riesgo metabólicos

Autor	Pas	Pad	Glucosa en ayunas	Insulina	Homa-ir	Ct	Hdl	Ldl	Tg
Gueugnon et al.2012	-	-	-	↓	↓	-	-	-	-
Lee et al. 2010 (EA+EF)	↓	-	↔	-	-	↔	↑	↓	↔
Lee et al. 2010 (EA)	↓	-	↔	-	-	↔	↔	↓	↔
Montero et al. 2021	-	-	↓*	-	-	↑	↔*	↑	↔
Obert et al. 2013	↓	↓	↔	↓	↓	↔	↑	↔	↔
Racil et al. 2015 (HIIT)	-	-	↓	↓	↓	-	-	-	-
Racil et al. 2015 (MIIT)	-	-	↓	↓	↓	-	-	-	-

PAS: Presión arterial Sistólica; PAD: Presión arterial Diastólica; HOMA-IR: Índice de resistencia a la insulina; CT: Colesterol total; HDL: Lipoproteínas de alta densidad; LDL: Lipoproteínas de baja densidad; TG: Triglicéridos; EA: Ejercicio aeróbico; EF: Ejercicio de fuerza; HIIT: Entrenamiento en intervalos de alta intensidad; MIIT: Entrenamiento en intervalos de moderada intensidad; ↓: Reducción estadísticamente significativa; ↑: Aumentos estadísticamente significativos; ↔: No existieron cambios significativos; *Diferencias significativas posterior a la intervención versus grupo control.

Fuente: Elaboración propia.

Cambios en presión arterial y medidas bioquímicas de riesgo cardiometabólico

2 estudios incluyeron resultados de los cambios en la presión arterial (Lee et al., 2010; Obert et al., 2013) y 5

estudios incluyeron alguna medida bioquímica de riesgo cardiometabólico (Gueugnon et al., 2012; Lee et al., 2010; Montero et al., 2021; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016). (ver tabla 4).

Los dos estudios que evaluaron la presión arterial mostraron cambios significativos luego de la intervención pero ninguno diferencias significativas al grupo control. Un estudio evidenció diferencias significativas en la presión arterial sistólica después de la intervención en los grupos de ejercicio, con una reducción de un 7,67% en el grupo de ejercicio combinado y una reducción de un 6,21% grupo de ejercicio aeróbico (Lee et al., 2010). Otro estudio basado en un programa que incluyó intervención en el estilo de vida redujo significativamente las presiones arteriales sistólica en un 3,45% y diastólica en un 5,08%, mientras que no afectó la frecuencia cardíaca en reposo.

Cambios en el metabolismo de la glucosa fueron medidos por medio de la glucosa en ayuna (Lee et al., 2010; Montero et al., 2021; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016)., insulina en ayuna (Gueugnon et al., 2012; Montero et al., 2021; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016) y el modelo homeostático de resistencia a la insulina (HOMA-IR) (Gueugnon et al., 2012; Montero et al., 2021; Obert et al., 2013; Racil et al., 2016). En dos estudios no se encontraron cambios significativos en la glucosa en ayuna luego de la intervención (Lee et al., 2010; Obert et al., 2013), mientras que en todos los estudios que incluyeron las medidas de insulina y HOMA-IR reportaron un cambio significativo post intervención. Sin embargo, solo un estudio reportó una diferencia significativa en comparación a un grupo control sobre el metabolismo de la glucosa (Montero et al., 2021).

Tres estudios incluyeron medidas del metabolismo de los lípidos (Lee et al., 2010; Montero et al., 2021; Obert et al., 2013). Solo un estudio reportó cambios significativos en el colesterol total luego de la intervención (11,53%), pero sin diferencias con el grupo control (Montero et al., 2021). Tres estudios indicaron que los niveles de colesterol HDL aumentaron significativamente en un 9,30% en ejercicio combinado (Lee et al., 2010), 6,12%(Montero et al., 2021) y un 8,48% (Obert et al., 2013), sin embargo, solo en Montero et al. (2021) los cambios fueron significativos en comparación a un grupo control. Los resultados en el colesterol LDL mostraron una disminución de un 8,44% para el grupo de ejercicio combinado y una reducción de un 10,63% en el grupo de ejercicio aeróbico en el estudio de Lee et al. (2010). Sin embargo otro estudio, también evidenció un aumento significativo de LDL de un 14,48% (Montero et al., 2021). Finalmente, no se reportaron diferencias significativas para la variable de triglicéridos.

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue valorar el efecto del ejercicio físico sobre factores de riesgo cardiometabólicos en preadolescentes y adolescentes con

obesidad severa. Los hallazgos generales de esta revisión sistemática sugieren que en comparación a un grupo control, el ejercicio físico tendría un efecto limitado. Solo 2 estudios reportaron cambios significativos en medidas antropométricas, y un estudio reportó cambios en la composición corporal, glucosa en ayuno y colesterol HDL. Comparaciones entre pre y post intervención mostraron cambios consistentes en el peso corporal, perímetro de cintura, PAS, PAD, insulina, HOMA-IR. Mientras que los cambios no fueron consistentes en el IMC, %GC, glucosa en ayuno, colesterol total, colesterol HDL y colesterol LDL.

Nuestros hallazgos muestran un efecto limitado en comparación a los reportados por un metaanálisis realizado en niños y adolescentes con obesidad, en donde se analizó el efecto del ejercicio aeróbico o combinado con ejercicio aeróbico y de fuerza, en el que se observaron mejoras en la composición corporal (IMC, %grasa corporal, perímetro de cintura, peso), PAS, PAD y perfil lipídico (TG, LDL y HDL) (Kelley et al., 2021). Otra revisión sistemática con metaanálisis también reporta resultados similares, en donde una intervención de ejercicio combinado con dieta o solo ejercicio fue más eficaz para reducir el IMC, grasa corporal, perímetro de cintura, triglicéridos, colesterol total, y aumentar niveles de HDL a diferencia que solo una intervención basada en dieta (Zhao et al., 2022).

La obesidad severa en adolescentes aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades cardiometabólicas a lo largo de la vida. Según una revisión sistemática de estudios longitudinales, los adolescentes con obesidad severa tienen mayor riesgo de miocardiopatías, insuficiencia cardíaca, mortalidad cardiovascular y mortalidad por todas las causas en la edad adulta (Bendor et al., 2020). Si bien cuatro de los estudios incluidos reportaron que sus adolescentes con OBS no presentaron comorbilidades asociadas, sus variables de composición corporal y marcadores de riesgo cardiometabólico se encontraban alterados, mostrando una tendencia a rangos poco saludables.

Un factor a tomar en cuenta en este rango etario, es la falta de motivación, baja autoestima, y trastornos psicológicos que pueden enfrentar los adolescentes con obesidad severa (Rankin et al., 2016), lo que podría generar falta de adherencia y baja efectividad en la intervención de ejercicio físico. En nuestra revisión sistemática, solo un estudio reportó abandono de la intervención por falta de transporte para llegar al centro médico o dificultades para completar tres sesiones a la semana (Nemet et al., 2013), lo que sugiere que futuras investigaciones deben mejorar el reporte de sus intervenciones incluyendo la cantidad de abandonos, adherencia y cumplimiento de la intervención planificada.

Los estudios incluidos en esta revisión sistemática reportaron intensidades moderadas tanto en entrenamiento aeróbico, fuerza y ejercicio combinado y solo dos estudios reportaron intensidades altas tipo HIIT. Estudios anteriores indican que altas intensidades promueven mayor

pérdida de masa corporal y elevación de la tasa metabólica posterior al ejercicio (Henson et al., 1987; Sedlock et al., 1989), sin embargo las personas con obesidad no presentan las condiciones físicas óptimas, ya que necesitan adaptar los sistemas cardiovasculares y osteomuscular antes de realizar ejercicio de alta intensidad al inicio de la intervención (Stoner et al., 2016). La duración de las intervenciones en esta revisión fue superior a 10 semanas, estudios mencionan que intervenciones con una duración mayor podrían ser estadísticamente más significativas (Fernandez et al., 2004).

Los resultados de un programa multidisciplinario de nueve meses que incluía educación sobre estilos de vida, dieta, entrenamiento de resistencia y actividad física regular, presentó disminuciones considerables en peso corporal y %GC (Lazzer et al., 2004), resultados similares a los reportados en esta revisión sistemática donde un entrenamiento de resistencia presentó una disminución significativa en peso corporal, IMC y %GC.

En cuanto a una modalidad de entrenamiento combinado, un estudio anterior, señala que posterior a una intervención de entrenamiento aeróbico y de resistencia, en niños y adolescentes con OBS, se reportaron disminuciones significativas de peso corporal, IMC y PC (Cooper et al., 2006). En esta revisión para los estudios de ejercicio aeróbico y de resistencia, se presentó una disminución de la PC, PAS, LDL y un aumento del HDL; las variables de peso corporal e IMC no fueron estudiadas o reportadas.

Nuestros resultados mostraron que el ejercicio físico podría disminuir el IMC. Esto podría ser relevante debido a que disminuye el riesgo de enfermedad cardiovascular, puesto que, valores más altos de IMC en la infancia se asocian con un mayor riesgo de enfermedad coronaria en la edad adulta (Baker et al., 2007) y mayor riesgo de mortalidad cardiovascular en la edad adulta joven o en la mediana edad (Durán, 2016). También se reportaron disminuciones en peso corporal, PC, %GC, disminuyendo el riesgo cardiometabólico de presentar enfermedades graves como la hipertensión y la diabetes (Skinner et al., 2015). Otros estudios mencionan que una intervención de ejercicio físico para la reducción de peso puede mantener mejoras sostenidas en el comportamiento nutricional y de ejercicio, reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares o enfermedades relacionadas a la obesidad a largo plazo (Mühlig et al., 2014).

En relación a la presión arterial, se observó una disminución significativa de la PAS y PAD en reposo, al comparar resultados pre y post intervención, principalmente en la modalidad de entrenamiento aeróbico. Estudios anteriores indican que los niños y adolescentes con obesidad severa, presentan siete veces más riesgos de hipertensión, aterosclerosis carotídea, morbilidad y mortalidad cardiovascular durante la edad adulta, que los niños y adolescentes sanos (Jackson et al., 2018; Juhola et al., 2013). Por lo que este potencial efecto podría prevenir enfermedades cardiovasculares a largo plazo. Los hallazgos referentes a marcadores cardiometabólicos de esta revisión evidenció

que un programa de ejercicio aeróbico, fuerza o combinación de ambas puede disminuir glucosa en ayunas, niveles de insulina en sangre, HOMA-IR y LDL, además de provocar aumentos en HDL. Otro estudio basado en una intervención de ejercicio físico más cambios en la dieta, con una duración de un año reportó hallazgos similares a esta revisión, en donde PAS, PAD, colesterol LDL, triglicéridos y HOMA-IR disminuyeron significativamente mientras que los valores de HDL aumentaron (Reinehr & Andler, 2004). Un estudio realizado en niños y adolescentes con obesidad severa entre 6 y 18 años, indica que altos niveles de glicemia se asocian con una disminución tanto de la sensibilidad a la insulina como de la secreción de insulina y con cambios paralelos en triglicéridos, colesterol HDL y la PAS (Invitti et al., 2003). Estudios anteriores, señalan que altos valores de colesterol total, triglicéridos y LDL, aumentan el riesgo cardiovascular en adolescentes (Chu et al., 2019). Del mismo modo concentraciones elevadas de triglicéridos y bajas concentraciones de HDL aumentan el riesgo de diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares (Flowers et al., 2015).

Conclusión

Los resultados de esta revisión sistemática muestran que en comparación a un grupo control, los programas de ejercicio físico tienen un efecto limitado sobre los factores de riesgo cardiometabólicos. Además, nuestros resultados muestran que existe evidencia insuficiente sobre el efecto del ejercicio físico en los factores de riesgo cardiometabólicos de preadolescentes y adolescentes con obesidad severa. Se necesitan más estudios controlados aleatorizados que permitan identificar las modalidades de entrenamiento más efectivas en este tipo de población.

Fortalezas y limitaciones

La principal fortaleza de esta revisión sistemática es su diseño metodológico, incluyendo una estrategia de búsqueda en seis bases de datos, sin límite temporal al inicio de la búsqueda. Esto permite que esta revisión sistemática lograra identificar la mayor cantidad de reportes publicados.

Las limitaciones presentes en este estudio se debieron: 1) Limitado número de ensayos controlados aleatorios y no aleatorios disponibles para su análisis en adolescentes con obesidad severa, reduciendo el número de participantes incluidos en esta revisión. 2) No fue posible realizar comparaciones directas en forma óptima, ya que no todos los estudios analizaron las mismas variables. 3) No todos los estudios incluidos detallaban de forma correcta los componentes de la intervención. 4) Cantidad reducida de estudios que reportan los efectos del ejercicio físico de fuerza, dificultando la identificación de la intervención de ejercicio más efectiva para disminuir factores de riesgo cardiometabólicos. 5) Baja a moderada calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión.

Recomendaciones prácticas

A pesar de los resultados reportados en esta revisión sistemática, se sugiere la necesidad de futuros ensayos controlados aleatorios bien diseñados, mejorando la entrega de información referente a los componentes de las intervenciones de ejercicio físico, participantes, características y diseño de estudios, modalidad de aleatorización, que permitan un análisis profundo de los efectos del ejercicio, en preadolescentes y adolescentes con obesidad severa. Se recomienda aumentar evidencia, sobre los efectos del ejercicio físico, en entrenamientos de fuerza en adolescentes con obesidad severa, que permitan entregar una evidencia más robusta sobre los efectos cardiometabólicos en la población estudiada.

Referencias

- Alba-Martín, R. (2016, April). Prevalencia de obesidad infantil y hábitos alimentarios en educación primaria. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412016000200003
- Amézquita G., M. V., Baeza L., C., Ríos E., M., Francesetti M., V., Rybertt V., V., Gutiérrez R., M., Amézquita G., M. V., Baeza L., C., Ríos E., M., Francesetti M., V., Rybertt V., V., & Gutiérrez R., M. (2020). Cirugía bariátrica en adolescentes con obesidad severa: Recomendaciones de la Rama de Nutrición, Sociedad Chilena de Pediatría. *Revista Chilena de Pediatría*, 91(4), 631–641. <https://doi.org/10.32641/RCHPED.V91I4.1600>
- Baker, J. L., Olsen, L. W., & Sørensen, T. I. A. (2007). Childhood Body-Mass Index and the Risk of Coronary Heart Disease in Adulthood. *The New England Journal of Medicine*, 357(23), 2329. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA072515>
- Bendor, C. D., Bardugo, A., Pinhas-Hamiel, O., Afek, A., & Twig, G. (2020). Cardiovascular morbidity, diabetes and cancer risk among children and adolescents with severe obesity. *Cardiovascular Diabetology* 2020 19:1, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S12933-020-01052-1>
- Bentham, J., Di Cesare, M., Bilano, V., Bixby, H., Zhou, B., Stevens, G. A., Riley, L. M., Taddei, C., Hajifathalian, K., Lu, Y., Savin, S., Cowan, M. J., Paciorek, C. J., Chirita-Emandi, A., Hayes, A. J., Katz, J., Kelishadi, R., Kengne, A. P., Khang, Y. H., ... Cisneros, J. Z. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet (London, England)*, 390(10113), 2627. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
- Cardel, M. I., Atkinson, M. A., Taveras, E. M., Holm, J. C., & Kelly, A. S. (2020). Obesity Treatment Among Adolescents A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA PEDIATRICS*, 174(6), 609–617. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.0085>
- Chu, S. Y., Jung, J. H., Park, M. J., & Kim, S. H. (2019). Risk assessment of metabolic syndrome in adolescents using the triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio and

- the total cholesterol/high-density lipoprotein cholesterol ratio. *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 24(1), 41. <https://doi.org/10.6065/APEM.2019.24.1.41>
- Chung, Y. L., & Rhie, Y. J. (2021). Severe Obesity in Children and Adolescents: Metabolic Effects, Assessment, and Treatment. *JOURNAL OF OBESITY & METABOLIC SYNDROME*, 30(4), 326–335. <https://doi.org/10.7570/jomes21063>
- Cooper, C., Sarvey, S., Collier, D., Willson, C., Green, I., Pories, M. L., Rose, M. A., Escott-Stump, S., & Pories, W. (2006). For comparison: experience with a children's obesity camp. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 2(6), 622–626. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2006.07.010>
- Durán, P. (2016). Body-mass index in 2.3 million adolescents and cardiovascular death in adulthood. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 114(6), e464–e465. https://doi.org/10.1056/NEJMOA1503840/SUPPL_FILE/NEJMOA1503840_DISCLOSURES.PDF
- Fernandez, A. C., Túlio de Mello, M., Tufik, S., Morcelli de Castro, P., & Fisberg, M. (2004). Influence of the aerobic and anaerobic training on the body fat mass in obese adolescents. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 10(3), 152–158. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000300004>
- Fernández, J. C., Quiñones, I. T., Robles, Á. S., & Padilla, J. M. S. (2018). Revisión sistemática sobre los estudios de intervención de actividad física para el tratamiento de la obesidad (Systematic Review of Physical Activity Programs for the treatment of Obesity). *Retos*, 33(33), 261–266. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V0I33.52996>
- Flowers, E., Molina, C., Mathur, A., & Reaven, G. M. (2015). Use of plasma triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio to identify increased cardio-metabolic risk in young, healthy South Asians. *The Indian Journal of Medical Research*, 141(1), 68. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.154506>
- Gueugnon, C., Mougin, F., Simon-Rigaud, M. L., Regnard, J., Nègre, V., & Dumoulin, G. (2012). Effects of an in-patient treatment program based on regular exercise and a balanced diet on high molecular weight adiponectin, resistin levels, and insulin resistance in adolescents with severe obesity. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*, 37(4), 672–679. <https://doi.org/10.1139/H2012-045>
- Henson, L. C., Poole, D. C., Donahoe, C. P., & Heber, D. (1987). Effects of exercise training on resting energy expenditure during caloric restriction. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 46(6), 893–899. <https://doi.org/10.1093/AJCN/46.6.893>
- Invitti, C., Guzzaloni, G., Gilardini, L., Morabito, F., & Viberti, G. (2003). Prevalence and Concomitants of Glucose Intolerance in European Obese Children and Adolescents. *Diabetes Care*, 26(1), 118–124. <https://doi.org/10.2337/DIACARE.26.1.118>
- Jackson, S. L., Zhang, Z., Wiltz, J. L., Loustalot, F., Ritchey, M. D., Goodman, A. B., & Yang, Q. (2018). Hypertension Among Youths — United States, 2001–2016. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67(27), 758. <https://doi.org/10.15585/MMWR.MM6727A2>
- Juhola, J., Magnussen, C. G., Berenson, G. S., Venn, A., Burns, T. L., Sabin, M. A., Srinivasan, S. R., Daniels, S. R., Davis, P. H., Chen, W., Kähönen, M., Taittonen, L., Urbina, E., Viikari, J. S. A., Dwyer, T., Raitakari, O. T., & Juonala, M. (2013). Combined Effects of Child and Adult Elevated Blood pressure on Subclinical Atherosclerosis: The International Childhood Cardiovascular Cohort Consortium. *Circulation*, 128(3), 217–224. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001614>
- Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Pate, R. R. (2021). Exercise and Cardiovascular Disease Risk Factors in Children and Adolescents With Obesity: A Systematic Review With Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. <https://doi.org/10.1177/1559827620988839>
- Lizzer, S., Boirie, Y., Montaurier, C., Vernet, J., Meyer, M., & Vermorel, M. (2004). A Weight Reduction Program Preserves Fat-Free Mass but Not Metabolic Rate in Obese Adolescents. *Obesity Research*, 12(2), 233–240. <https://doi.org/10.1038/OBY.2004.30>
- Lee, Y. H., Song, Y. W., Kim, H. S., Lee, S. Y., Jeong, H. S., Suh, S. H., Park, J. K., Jung, J. W., Kim, N. S., Noh, C. H., & Hong, Y. M. (2010). The Effects of an Exercise Program on Anthropometric, Metabolic, and Cardiovascular Parameters in Obese Children. *Korean Circulation Journal*, 40(4), 179–184. <https://doi.org/10.4070/KCJ.2010.40.4.179>
- Montero, D., Duthheil, F., Walther, G., Perez-Martin, A., Soto-Esclapez, L., Vinet, A., & Roche, E. (2021). Changes in the profile of circulating HDL subfractions in severe obese adolescents following a weight reduction program. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 31(5), 1586–1593. <https://doi.org/10.1016/J.NUMECD.2021.01.025>
- Mühlig, Y., Wabitsch, M., Moss, A., & Hebebrand, J. (2014). Weight Loss in Children and Adolescents: A Systematic Review and Evaluation of Conservative, Non-Pharmacological Obesity Treatment Programs. *Deutsches Ärzteblatt International*, 111(48), 818. <https://doi.org/10.3238/ARZTEBL.2014.0818>
- Nemet, D., Ben-Haim, I., Pantanowitz, M., & Eliakim, A. (2013). Effects of a combined intervention for treating severely obese prepubertal children. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism: JPEM*, 26(1–2), 91–96. <https://doi.org/10.1515/JPEM-2012-0225>
- Obert, P., Gueugnon, C., Nottin, S., Vinet, A., Gayraud, S., Rupp, T., Dumoulin, G., Tordi, N., & Mougin, F. (2013). Impact of Diet and Exercise Training-Induced Weight Loss on Myocardial Mechanics in Severely Obese Adolescents. *Obesity*, 21(10), 2091–2098. <https://doi.org/10.1002/OBY.20495>
- Ortega, R., Grandes, G., Sanchez, A., Montoya, I., & Torcal, J. (2019). Cardiorespiratory fitness and development of abdominal obesity. *Preventive Medicine*, 118, 232–237. <https://doi.org/10.1016/J.YPMED.2018.10.020>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N160>
- Paulis, W. D., Silva, S., Koes, B. W., & Van Middelkoop, M.

- (2014). Overweight and obesity are associated with musculoskeletal complaints as early as childhood: a systematic review. *Obesity Reviews*, 15(1), 52–67. <https://doi.org/10.1111/OBR.12067>
- PEDro - Escala PEDro. (1999). <https://pedro.org.au/portuguese/resources/pedro-scale/>
- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J. P., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Pate, R. R., Connor Gorber, S., Kho, M. E., Sampson, M., & Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41(6), S197–S239. <https://doi.org/10.1139/APNM-2015-0663/ASSET/IMAGES/APNM-2015-0663TAB11.GIF>
- Racil, G., Goebel, R. T., Haddad, M., Coquart, J., Chamari, K., & Amri, M. (2016). Rating of Perceived Exertion and Serum Leptin Responses to Maximal Exercise in Obese Female Adolescents: Effects of Exercise Training Intensity. 167–170. <https://doi.org/10.15405/EPBS.2016.06.23>
- Rankin, J., Matthews, L., Copley, S., Han, A., Sanders, R., Wiltshire, H. D., & Baker, J. S. (2016). Psychological consequences of childhood obesity: psychiatric comorbidity and prevention. *Adolescent Health, Medicine and Therapeutics*, 7, 125. <https://doi.org/10.2147/AHMT.S101631>
- Reinehr, T. (2017). Long-term effects of adolescent obesity: time to act. *Nature Reviews Endocrinology* 14(3), 183–188. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.147>
- Reinehr, T., & Andler, W. (2004). Changes in the atherogenic risk factor profile according to degree of weight loss. *Archives of Disease in Childhood*, 89(5), 419. <https://doi.org/10.1136/ADC.2003.028803>
- Ruotsalainen, H., Kyngäs, H., Tammelin, T., & Kääriäinen, M. (2015). Systematic review of physical activity and exercise interventions on body mass indices, subsequent physical activity and psychological symptoms in overweight and obese adolescents. *Journal of Advanced Nursing*, 71(11), 2461–2477. <https://doi.org/10.1111/JAN.12696>
- Sedlock, D. A., Fissinger, J. A., & Melby, C. L. (1989). Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(6), 662–666. <https://doi.org/10.1249/00005768-198912000-00006>
- Skinner, A. C., Perrin, E. M., Moss, L. A., & Skelton, J. A. (2015). Cardiometabolic Risks and Severity of Obesity in Children and Young Adults. *New England Journal of Medicine*, 373(14), 1307–1317. https://doi.org/10.1056/NEJMOA1502821/SUPPL_FILE/NEJMOA1502821_DISCLOSURES.PDF
- Srivastava, G., O'hara, V., & Browne, N. (2019). Use of Lisdexamfetamine to Treat Obesity in an Adolescent with Severe Obesity and Binge Eating. *Children* 2019, Vol. 6, Page 22, 6(2), 22. <https://doi.org/10.3390/CHILDREN6020022>
- Stoner, L., Rowlands, D., Morrison, A., Credeur, D., Hamlin, M., Gaffney, K., Lambrick, D., & Matheson, A. (2016). Efficacy of Exercise Intervention for Weight Loss in Overweight and Obese Adolescents: Meta-Analysis and Implications. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(11), 1737–1751. <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0537-6>
- Ward, Z. J., Long, M. W., Resch, S. C., Giles, C. M., Craddock, A. L., & Gortmaker, S. L. (2017). Simulation of Growth Trajectories of Childhood Obesity into Adulthood. *New England Journal of Medicine*, 377(22), 2145–2153. https://doi.org/10.1056/NEJMOA1703860/SUPPL_FILE/NEJMOA1703860_DISCLOSURES.PDF
- Yeste, D., Arciniegas, L., Vilallonga, R., Fàbregas, A., Soler, L., Mogas, E., Campos, A., & Clemente, M. (2020). ENCUENTRO CON EL EXPERTO Obesidad severa del adolescente. Complicaciones endocrino-metabólicas y tratamiento médico Severe obesity in adolescents. Endocrine-metabolic complications and medical treatment. *Rev Esp Endocrinol Pediatr*, 11(1). <https://doi.org/10.3266/RevEspEndocrinolPediatr.pre2020.Aug.593>
- Zhao, L., Dong, X., Gao, Y., Jia, Z., Han, S., Zhang, J., & Gao, Y. (2022). Effects of exercise combined with diet intervention on body composition and serum biochemical markers in adolescents with obesity: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 35(11), 1319–1336. https://doi.org/10.1515/JPEM-2022-0193/ASSET/GRAPHIC/J_JPEM-2022-0193_FIG_008.JPG

Datos de los/as autores/as:

Valeska Sanhueza-Morales
Felipe Hermosilla-Palma
Tomás Reyes-Amigo
Nicolás Gómez-Álvarez

valeskasanhueza@alu.unach.cl
felipe.hermosilla@uautonoma.cl
tomas.reyes@upla.cl
nicolasgomez@unach.cl

Autor/a
Autor/a
Autor/a
Autor/a