UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

Efectos del entrenamiento de fuerza muscular sobre la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad, una revisión sistemática con metanálisis

Proyecto terminal para obtener el grado de:

MAESTRO EN SALUD PÚBLICA

Presenta:
Luis Diego Méndez Hernández

Director de Tesis
Dr. en F. José Arias Rico

Codirectora de tesis
Dra. en DPH. Rosario Barrera Gálvez

Asesores
Dra. en C. Esther Ramírez Moreno

Mtro. en SP. Luis Arturo Rivera Ramírez

Lectora
Mtra. en N. Itze Noriega Muro

San Agustín Tlaxiaca Hgo. a agosto del 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

Efectos del entrenamiento de fuerza muscular sobre la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad, una revisión sistemática con metanálisis

Proyecto terminal para obtener el grado de:

MAESTRO EN SALUD PÚBLICA

Presenta:
Luis Diego Méndez Hernández

Director de Tesis
Dr. en F. José Arias Rico

Codirectora de tesis
Dra. en DPH. Rosario Barrera Gálvez

Asesora
Dra. en C. Esther Ramírez Moreno

Tutor
Mtro. en SP. Luis Arturo Rivera Ramírez

Lectora
Mtra. en N. Itze Noriega Muro

San Agustín Tlaxiaca Hgo. a agosto del 2022

ICSa

Pachuca de Soto, Hidalgo., agosto 11 del 2022

M. en C.S. MARÍA DEL CONSUELO CABRERA MORALES
COORDINADORA DE LA MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA
P r e s e n t e.

Los integrantes del Comité Tutorial del egresado **LUIS DIEGO MÉNDEZ HERNÁNDEZ,** con número de cuenta **450805,** comunicamos a usted que el Proyecto Terminal denominado **"Efectos del entrenamiento de fuerza muscular sobre la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad, una revisión sistemática con metanálisis"** está concluido y se encuentra en condiciones de continuar el proceso administrativo para proceder a la autorización de su impresión.

A t e n t a m e n t e.
"Amor, Orden y Progreso"

D. en C. José Arias Rico	Director	
D. en C. Rosario Barrera Gálvez	Codirector	
D. en C. Esther Ramírez Moreno	Asesora	
M. en S.P. Luis Arturo Rivera Ramírez	Tutor	
M. en N. Itze Noriega Muro	Lectora	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias de la Salud
Área Académica de Medicina
Maestría en Salud Pública

Oficio Núm. ICSa/AAM/MSP/173/2022
Asunto: Autorización de Impresión de PPT
Pachuca de Soto, Hgo., agosto 15 del 2022

C. LUIS DIEGO MÉNDEZ HERNÁNDEZ
ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA
STUDENT OF THE MASTER IN PUBLIC HEALTH

Comunicamos a usted, que el Comité Tutorial de su Proyecto de Producto Terminal denominado **"Efectos del entrenamiento de fuerza muscular sobre la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad, una revisión sistemática con metanálisis"**, considera que ha sido concluido satisfactoriamente, por lo que puede proceder a la impresión de dicho trabajo.

Atentamente.
"Amor, Orden y Progreso"

MC. Esp. Adrián Moya Escalera
Director del Instituto de Ciencias de la Salud
Dean of the School of Health Sciences

MC. Esp. Luis Carlos Romero Quezada
Jefe del Área Académica de Medicina
Chair of the Department of Medicine

D. en C.E. Lydia López Pontigo
Coordinadora de Posgrado del ICSa
Director of Graduate Studies of ICSa

M. en C. María del Consuelo Cabrera Morales
Coordinadora de la Maestría en Salud Pública
Director of Graduate Studies Master in Public Health

AME/LCRQ/LLP/MCCM/rcmr*

Circuito Ex Hacienda La Concepción s/n, Col. Doctores
Teléfono: 771 71 720 00 ext.
www.uaeh.edu.mx

Durante el desarrollo de estos estudios, se contó con una beca de manutención otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), número de CVV 10778776.

Con esté trabajo se publicó la siguiente investigación: Méndez-Hernández, L. D., Ramírez-Moreno, E., Barrera-Gálvez, R., Cabrera-Morales, M. D. C., Reynoso-Vázquez, J., Flores-Chávez, O. R., ... & Arias-Rico, J. (2022). Effects of Strength Training on Body Fat in Children and Adolescents with Overweight and Obesity: A Systematic Review with Meta-Analysis. Children, 9(7), 995.

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a mi comité tutorial, que me dieron las herramientas, consejo y paciencia para alcanzar la terminación de este proyecto terminal.

Gracias a mi familia, a mis padres y a mi hermano, porque gracias a ellos he tenido una buena vida, llena de apoyo y alegrías, formando lo que soy como persona.

ÍNDICE GENERAL

I INTRODUCCIÓN *1*
1.1 Marco Teórico 3
1.1.1 Concepto obesidad 4
1.2 Causas de la obesidad 4
1.2.1 Factores ambientales (factores intrauterinos y posnatales) 4
1.2.2 Factores nutricionales 5
1.2.3 Actividad física y ejercicio 5
1.2.4 Sueño 5
1.2.5 Factores genéticos 5
1.3 Efectos de la obesidad 6
1.4 Actividad Física 7
1.5 Ejercicio físico 8
1.6 Fuerza 8
1.7 Entrenamiento de fuerza muscular 9
1.7.1 Fuerza muscular beneficios 9
1.7.2 Prevención/reducción de la incidencia de lesiones por la práctica físico-deportiva 10
1.7.3 Mejora de la fuerza muscular y de rendimiento en habilidades motrices 10
1.7.4 Mejora de la salud ósea 11
1.7.5 Mejoras de la composición corporal y de sensibilidad a la insulina 11
1.7.6 Beneficios psicosociales 11
1.7.7 Efectos cognitivos 12
II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ANTECEDENTES *13*
2.1 Contexto cultural, social e histórico del entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes 17
2.2 Estado del arte 19
III PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN *23*
IV JUSTIFICACIÓN *24*
V OBJETIVOS *24*
Objetivo general 24
Objetivos específicos 25
VI HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN *25*

VII METODOLOGÍA *25*
7.1 Fuentes de información y búsqueda: 25
7.2 Selección de los estudios: 26
7.3 Criterios de elegibilidad 28
7.4 Proceso de extracción de los datos: Extracción de datos 28
7.5 Lista de datos: 29
7.6 Riesgo de sesgos de los estudios individuales: 32
7.7 Análisis de los datos 32
VIII RESULTADOS *32*
8.1 Resultados de la búsqueda 32
8.2 Características de los estudios 33
8.3 Resultados de la calidad metodológica 33
8.4 Resultados del metanálisis sobre grasa corporal 39
8.5 Resultados del metanálisis sobre masa muscular 41
8.6 Análisis de subgrupos 43
IX DISCUSIÓN *44*
X CONCLUSIONES *47*
XI RECOMENDACIONES *48*
XII CONSIDERACIONES ÉTICAS *49*
XIII RECURSOS MATERIALES Y FINANCIEROS *49*
XIV REFERENCIAS *50*
XV ANEXOS *62*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Beneficios del entrenamiento de fuerza muscular en la salud y rendimiento en niños y adolescentes ……...13
Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA de búsqueda sistemática y estudios incluidos……..……..27
Figura 3. Forrest plot de modelo de efectos aleatorios para el metanálisis entre la correlación de reducción o aumento de grasa corporal…….……40
Figura 4. Funnel plot mediante tamaños de muestra del efecto frente a los errores estándar……...……..41
Figura 5. Forrest plot de modelo de efectos aleatorios para el metanálisis entre la correlación de reducción o aumento de grasa corporal. …….……..…….42
Figura 6. Funnel plot mediante tamaños de muestra del efecto frente a los errores estándar.……...…….42
Figura 7. Análisis de subgrupos (A: intensidades altas y medias >51 % RM, B: intensidades bajas <50 % RM).…….....43
Figura 8. Efectos del entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad de 5 a 19 años…….....44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales Causas de Mortalidad en el Mundo, en México y en Hidalgo en los años 2000 – 2018……..……...…….. 16
Tabla 2. Estado del arte ……...…….…..……..……..20
Tabla 3. Palabras clave para artículos de entrenamiento de fuerza muscular en ingles y español…….……..26
Tabla 4. Operacionalización de las variables…….……...…….29
Tabla 5. Evaluación de calidad para estudios cuantitativos……..……..34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dictamen del Comité de ética e investigación……62

Lista de Abreviaturas

CC	Circunferencia de cintura
CDC	Centro de control y prevención de enfermedades
CL	Colesterol
CM	Centímetros
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
DEXA	Absorciometría con rayos X de doble energía
EFM	Entrenamiento de fuerza muscular
ENSANUT	Encuesta nacional de salud
ETTO	Entrenamiento
GLC	Glucosa
IC	Intervalos de confianza
IMC	Índice de masa corporal
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INS	Insulina
KG	Kilogramos
MM	Milímetros
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PAD	Presión arterial diastólica
PAS	Presión arterial sistólica
PRISMA	Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis
RIR	Repeticiones en reserva
RM	Repetición máxima
TG	Triglicéridos
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
VE	Vesículas extracelulares
VO^2MAX	Volumen de oxígeno máximo

Efectos del entrenamiento de fuerza muscular sobre la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad, una revisión sistemática con metanálisis

Resumen

El sobrepeso y la obesidad infantil representan un creciente problema de salud pública a nivel mundial. Un desequilibrio entre la energía gastada (actividad física) y la energía ingerida (alimentación) nos llevaran al sobrepeso y obesidad. Desde la década de 1980, la prevalencia global de sobrepeso y obesidad en la niñez y la adolescencia ha aumentado en un 47%. La promoción del ejercicio es una intervención importante para reducir el daño físico de la obesidad. El metanálisis se realizó de acuerdo con las directrices generales para la presentación de informes de revisiones sistemáticas y metanálisis (PRISMA). Se realizaron búsquedas en las bases de datos PubMed, SciELO, ScienceDirect y Google Scholar desde agosto hasta diciembre de 2021. La búsqueda arrojó 722 títulos publicados entre 2000 y 2021. Después de examinar los títulos y resúmenes, se detectaron 64 artículos duplicados y, finalmente, 27 artículos se incluyeron en la lista, que incluye 26 artículos publicados en inglés y uno publicado en español. Hubo un efecto estadísticamente significativo de las intervenciones de entrenamiento de fuerza sobre el porcentaje de grasa corporal, Test de 0 i = ($p = 0,00$, $z = 6,92$), Test de 0 = ($p = 0,00$, $Q (9) = 42,63$). Se concluye que contrariamente a las creencia que existen sobre el ejercicio de fuerza muscular acerca de los efectos perjudiciales para la salud de los niños y adolescentes, los resultados en esta revisión sistemática confirman que el EFM es una intervención efectiva para el tratamiento de la grasa corporal, a partir de las 10 semanas de intervención con mejores resultados a largo plazo >32 semanas, estos hallazgos sobre la comprensión de la regulación del metabolismo del tejido adiposo por el entrenamiento de fuerza puede identificar nuevos métodos para el tratamiento obesidad infantil y sus enfermedades relacionadas.

Palabras clave: Obesidad infantil, entrenamiento de fuerza, grasa corporal.

Title Effects of strength training on body fat in children and adolescents with overweight and obesity: A Systematic Review with meta-analysis

Abstract

Childhood overweight and obesity represent a growing public health problem world-wide. An imbalance between the energy spent (physical activity) and the energy ingested (food) will lead us to overweight and obesity. Since the 1980s, the global prevalence of overweight and obesity in childhood and adolescences has increased by 47%. The promotion of exercise is an important intervention to reduce the physical damage of obesity. The meta-analysis was conducted in accordance with the general guidelines for the reporting of systematic reviews and meta-analyses (PRISMA). The PubMed, SciELO, ScienceDirect and Google Scholar databases were searched from August to December 2021. The search yielded 722 titles published between 2000 and 2021. After screening the titles and abstracts, 64 duplicate articles were detected, and 27 articles were ultimately included in the systematic review, including 26 articles published in English and one published in Spanish. There was a statistically significant effect of the strength training interventions on the percentage of body fat, Test of 0 i = ($p = 0.00$, $z = 6.92$), Test of 0 = ($p = 0.00$, $Q(9) = 42.63$). Contrary to beliefs about muscular strength exercise having detrimental effects on the health of children and adolescents, the results in this systematic review confirm that EFM is an effective intervention for the treatment of body fat, from the 10-week intervention with better long-term outcomes >32 weeks, these findings on understanding the regulation of adipose tissue metabolism by resistance training may identify new methods for treating childhood obesity and its related diseases.

Keywords: Childhood obesity, strength training, body fat.

I INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil es un problema grave de salud pública que a lo largo del tiempo La Organización Mundial de la Salud (OMS) da muestras de este cambio en la manera de afrontar la obesidad, que ha considerado como una "epidemia de nivel mundial" (Ceballos et al., 2018).

La obesidad infantil es definida como una condición en la que el cuerpo lleva cantidades excesivas e insalubres de tejido graso, lo que lleva al individuo a pesar más de 20 por ciento más que su peso ideal (DeAngelo et al., 2019). Es una enfermedad compleja y multifactorial, de inicio en la infancia causada por una interacción genética y ambiental.

Un desequilibrio entre la energía gastada (actividad física) y la energía ingerida (alimentación) nos llevaran al sobrepeso y obesidad. Cuando los alimentos exceden regularmente el gasto de calorías, la energía no utilizada se almacena en tejido adiposo, o grasa corporal (Löffler et al., 2021). La mayor parte de las personas que comen y beben más de lo que utilizan de energía producirán un tejido adiposo para almacenar el exceso de energía (Stanhope et al., 2018).

Actualmente no se cuenta con un consenso internacional acerca de los límites clínicamente significativos para la clasificación de niños con sobrepeso y obesidad. Los criterios de uso común incluyen 110 a 120 por ciento del peso ideal para la altura; puntuaciones z de peso para la altura de > 1 y > 2; y los percentiles 85, 90, 95, 97 para índice de masa corporal (IMC), que se calcula dividiendo el peso en kilogramos por el cuadrado de altura en metros cuadrados. Las recomendaciones de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, publicadas en 2018, sugieren que un IMC igual o mayor que el percentil 85 pero menor que el percentil 95 para el sexo y la edad debe considerarse obeso, un IMC igual o mayor que el percentil 95 para el sexo y la edad debe considerarse obeso.

Los factores genéticos desempeñan un papel fundamental en la obesidad infantil, como lo ilustran las familias obesas genéticamente (J. W. Gregory, 2019). Las personas no pueden intercambiar los genes que han heredado, pero los factores sociales y ambientales también

son importantes, y estos son los únicos que pueden ser alterados con el propósito de control de peso (Morales Camacho et al., 2019).

El impacto psicosocial de la obesidad infantil no es menos grave que los síndromes físicos, lo que conduce a una imagen corporal deficiente, aislamiento social, irá recurrente, baja autoestima, trastornos alimenticios, depresión y comportamientos negativos en la escuela y otros entornos sociales (Sagar & Gupta, 2018). La promoción de la actividad física y una buena alimentación es una intervención muy importante para reducir tanto los daños físicos como los psicológicos de la obesidad (Yuksel et al., 2020) (Bray et al., 2018).

En la obesidad infantil no hay exclusión de clase social, género, raza o cultura por lo que se debe implementar un estilo de vida saludable, que inicia desde el núcleo familiar y las escuelas, (Chatham & Mixer, 2020) y es influenciado en gran manera por los medios de comunicación y las autoridades gubernamentales. Por tal razón, resulta necesario adquirir un panorama de esta problemática desde sus inicios con el propósito de poder comprender sus determinantes.

A partir de los resultados de actividad física y sedentarismo de la ENSANUT 2012, se estima que 58.6% de los niños y adolescentes de 10 a 14 años no refieren haber realizado alguna actividad física organizada (participación en deportes organizados) durante los últimos 12 meses previos a la encuesta, 38.9% realizó una o dos actividades y 2.5% más de tres actividades; la actividad más frecuente para este grupo de edad es el fútbol (ENSANUT, 2012), en contrate con la ENSANUT 2018 el 30% realiza actividavidad físca 150 minutos a la semana que equivale a 2.5 horas a la semana (ENSANUT, 2018). De acuerdo con la clasificación de la OMS, en México 22.7% de los adolescentes entre 15 y 18 años son inactivos, 18.3% son moderadamente activos y 59% son activos. Por otro lado, se estimó que en adultos de 20 a 69 años de edad, la prevalencia de inactividad física aumentó significativamente a 47.3% en los últimos seis años (2006-2012).

El sobrepeso y la obesidad infantil representan un problema de salud pública en aumento a nivel mundial (Bleich et al., 2018) y principalmente en México, aún no existe ninguna estrategia o puntos que tengan un impacto real y medible frente a este problema. El problema no está en el conocimiento de los factores causales, sino en los factores culturales y carencias de sitios para la adecuada actividad física y la nutrición.

Las personas tienen conocimiento respecto a lo que es la obesidad infantil y los problemas o consecuencias que trae consigo, sin embargo, en varios hogares y escuelas predominan la obesidad y el sedentarismo, a pesar de este conocimiento, no modifican su rutina o su alimentación (Rivera et al, 2018), lo cual es muy importante para prevenir enfermedades crónico-degenerativas como diabetes, hipertensión, dislipidemias y arterosclerosis.

De acuerdo con el Diagnóstico realizado al Programa S269 de Cultura Física y Deporte es una realidad que existen diversos factores y problemas que afectan al sistema de actividad física en México aunado a los problemas de salud que van en aumento derivado del estilo de vida más sedentario con actividades poco demandantes energéticamente la promoción, así como el fomento al deporte y a la cultura física se considera un derecho y debe ser una prioridad para el país (Secretaría de Finanzas Públicas, 2015).

Actualmente, la American Academy of Pediatrics (Stricker et al., 2020), recomienda la práctica del entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes, e instituciones como la National Strength and Conditioning Association o el American College of Sports Medicine, incluyen el entrenamiento de fuerza dentro de sus recomendaciones de ejercicio para las personas que quieran mejorar su salud (Appraisal et al., 1975, H. Gregory & Travis, 2015) .De hecho, algunos autores han observado una relación inversa entre la fuerza muscular y la incidencia y la prevalencia de obesidad (Jackson et al., 2010).

Una línea de investigación de actual relevancia es la que analiza en qué medida un programa de intervención con cargas (entrenamiento de fuerza muscular) tiene efecto sobre la reducción de la obesidad.

1.1 Marco Teórico

La salud pública es una práctica que se centra en la promoción de la salud y bienestar mentales y sociales y en la prevención de enfermedades y discapacidad entre grupos de personas. Se diferencia de la práctica de la medicina porque se centra en la prevención en lugar de curar y aborda las necesidades de las personas en su conjunto y no como personas individuales (Thivierge, 2021).

La eficacia de las iniciativas de salud pública ha dado lugar a un cambio en la causa de muerte: desde enfermedades infecciosas hasta enfermedades crónicas. Aunque en algún

futuro seguirán apuntando a la reducción de la incidencia de enfermedades infecciosas, en este proyecto se abordarán los factores relacionados con el estilo de vida, como es la obesidad. (US Department of Health and Human Services, 2000, Turnock, 2008, US Department of Health and Human Services, 2010, Thivierge, 2021).

1.1.1 Concepto obesidad

La obesidad infantil se entiende como tener un índice de masa corporal (IMC) por encima del rango normal para la edad y el sexo en niños, por otra parte la OMS define el sobrepeso y la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud porque hay un aumento de peso (Serrano, 2018).

1.2 Causas de la obesidad

1.2.1 Factores ambientales (factores intrauterinos y posnatales)

Las exposiciones a factores ambientales fetales y postnatales tempranos tienen impacto en el desarrollo de obesidad, diabetes y enfermedades cardíacas. En los inicios de la "salud enfermedad" muestra que un estímulo a un organismo durante un período de desarrollo puede alterar la genética mediante modificaciones epigenéticas. Por ejemplo, ser más pequeño o más grande de acuerdo a la edad gestacional está relacionado con un mayor riesgo de desarrollar obesidad infantil. Exposición prenatal a diabetes mellitus, tabaquismo materno se correlaciona con una mayor incidencia de obesidad infantil (Han et al., 2010).

Resultados relacionados con el modo de parto y la obesidad puede deberse a la acumulación de diferentes bacterias en el intestino, que influye en la inflamación, la ingestión de nutrientes, y el desarrollo del sistema inmunológico en el lactante. Una revisión sistemática encontró un fuerte aumento del riesgo de sobrepeso y obesidad en personas que nacieron por cesárea. Además el no proporcionar lactancia materna exclusiva en los primeros 6 meses se correlaciona con una mayor incidencia de obesidad infantil en estudios de cohortes (Darmasseelane et al., 2014).

1.2.2 Factores nutricionales

Son varios los factores alimenticios, incluido una mayor ingesta calórica de alimentos durante la infancia, el aumento del consumo de comida rápida, mayor consumo de bebidas azucaradas, no consumir agua natural, saltarse el desayuno, una menor ingesta diaria de leche, frutas y verduras se han asociado con un aumento de las tasas de infancia obesidad (US Department of Health and Human Services., 2000; Turnock, 2008; US Department of Health and Human Services, 2010; Han et al., 2010; Borràs & Ugarriza, 2013;Darmasseelane et al., 2014; Gurnani et al., 2015; Serrano, 2018; Thivierge, 2021).

1.2.3 Actividad física y ejercicio

Los bajos niveles habituales de actividad física y ejercicio se asocia con una mayor incidencia de obesidad. Comportamiento sedentario, como estar sentado frente al televisor, la computadora o el celular se asocia con un IMC más alto (Santos et al., 2018).

1.2.4 Sueño

Un número creciente de estudios ha observado el aumento de la incidencia de la obesidad con disminución en la cantidad de sueño durante los últimos 40 años. La evidencia sugiere que los mediadores biológicos de la homeostasis del apetito y la energía pueden verse afectados por la duración del sueño. En cambio, algunos estudios sugieren que la falta de sueño puede aumentar el gasto energético diario (Borràs & Ugarriza, 2013).

1.2.5 Factores genéticos

Existen síndromes genéticos asociados con la obesidad, como son el Prader-Willi, Bardet-Biedl, Alstrom y WAGR (Tumor de Wilms, aniridia, anomalía genitourinaria, retraso mental) síndromes, que generalmente exhiben algún grado de retraso neurocognitivo y características dismórficas características.

Las variantes genéticas comunes asociadas con alta adiposidad y aumento de peso, pero que tienen efectos individuales débiles, se han identificado a través de la asociación de todo el genoma estudios, aunque ninguna variante contribuye en gran medida a predecir la obesidad (Turnock, 2008; US Department of Health and Human Services., 2000; US Department of

Health and Human Services, 2010; Han et al., 2010; Borràs & Ugarriza, 2013; Darmasseelane et al., 2014; Gurnani et al., 2015; Serrano, 2018; Thivierge, 2021).

1.3 Efectos de la obesidad

La obesidad infantil tiene muchos efectos perjudiciales y comorbilidades (enfermedades y trastornos asociados) (Ramírez et al., 2022) que frecuentemente produce un síndrome metabólico que aumenta en gran medida el riesgo de que el individuo permanezca obeso en la adolescencia y la edad adulta. Este síndrome tiene graves afectaciones para la esperanza y calidad de vida, es una combinación de hiperinsulinemia (niveles altos de insulina), obesidad, Hipertensión (presión arterial alta) y dislipidemia (anormal niveles de lípidos) (Han et al., 2010).

Los principales sistemas afectados por la obesidad infantil son el abdomen, vasos sanguíneos, sistema circulatorio, sistema endocrino, sistema gastrointestinal, corazón, intestinos, articulaciones, sistema psíquico-emocional, sistema respiratorio, estómago. La obesidad es la principal causa de las enfermedades del corazón (Han et al., 2010).

Los niños y adolescentes con obesidad son más propensos a tener factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, (Han et al., 2010) la cual es la primera causa de mortalidad en México; incluye enfermedad aterosclerótica, enfermedad de las arterias coronarias, arritmias cardíacas y estenosis. Los sistemas afectados son los vasos sanguíneos, el sistema circulatorio y el corazón, los principales síntomas pueden variar, pueden incluir dolor, sudoración, dificultad para respirar, incapacidad para hacer ejercicio, latidos irregulares del corazón, mareos, pérdida de conciencia (Moore, 2020).

La buena noticia es que se puede prevenir mediante medicina preventiva lo cual incluye una buena alimentación y la práctica de ejercicio físico, un estudio en 2019 por la Medicine and Science in Sports and Exercise (Moore, 2020), en donde se incluyó a casi 13,000 personas, encontró que el entrenamiento de fuerza muscular durante menos de una hora a la semana se asoció se asoció con aproximadamente un 40 a 70 por ciento de disminución del riesgo de enfermedad cardiovascular y mortalidad por cualquier causa. Múltiples estudios han encontrado una relación inversa entre el entrenamiento de fuerza y las enfermedades cardíacas.

Por otra parte los adolescentes obesos son más propensos a tener un alto riesgo de presentar diabetes, (Han et al., 2010) que es la segunda causa de mortalidad en México, es un trastorno endocrino caracterizado por hiperglucemia debido a la autoinmune destrucción de células beta pancreáticas que segregan insulina o de grados variables de resistencia a la insulina y deficiencia. La hiperglucemia crónica de la diabetes puede causar daño multiorgánico, lo que resulta en daños renales, neurológicos, cardiovasculares y otras complicaciones graves (Klandorf & Stark, 2019).

Los sistemas afectados son el abdomen, vasos sanguíneos, sistema circulatorio, sistema endocrino, ojos, sistema gastrointestinal, glándulas, corazón, riñones, sistema nervioso, páncreas, algunos de los síntomas son gran producción de orina, sed excesiva, deshidratación, presión arterial baja, pérdida de peso a pesar del aumento del apetito, fatiga, náuseas, vómitos, visión borrosa (Klandorf & Stark, 2019).

Al igual que las enfermedades del corazón la buena noticia es que se puede prevenir con cambios en el estilo de vida como lo son la dieta y el ejercicio, un estudio publicado en 2017 en Medicine and Science in Sports and Exercise (Moore, 2020) analizó datos de 35,000 mujeres durante más de una década. Los investigadores encontraron que aquellos que realizaron entrenamiento de fuerza tenían un 30 por ciento menos de posibilidades de ser diagnosticados con diabetes tipo 2 que aquellos que no lo hicieron.

1.4 Actividad Física

En su definición clásica, la actividad física se entiende como "cualquier movimiento corporal producido por los músculos que produzca un gasto energético mayor al existente en reposo" (Neufeld, 2014). La actividad física es un concepto que abarca cualquier movimiento corporal realizado por los músculos que involucran un gasto de energía, la cual se encuentra presente en todo lo que una persona hace durante las 24 horas del día, salvo dormir o reposar (Pacífico et al., 2018).

También la actividad física se entiende de diferente manera según el ámbito en el que esté involucrado por ejemplo, desde la salud, se ha convertido hoy en día en un elemento ideal para evitar algunas enfermedades en su aparición o en su desarrollo, para combatir las

secuelas o la manera cómo afecta la calidad de vida algunas enfermedades. (Pacífico et al., 2018)

La actividad física, desde el entrenamiento deportivo, se plantea como el resultado de la teoría y la práctica de las ciencias del deporte. Su estudio permite conocer métodos para el desarrollo de las capacidades motrices, condicionales y coordinativas, para el aprendizaje, perfeccionando de la técnica y la táctica deportiva, la preparación psicológica, así como para el proceso de planificación y del entrenamiento deportivo (Neufeld, 2014).

La actividad física, desde la educación, es abordada a partir de un objeto de estudio que es muy similar a otras profesiones (el movimiento humano), lo que hace pensar que cada una, al compartir dicho objeto de estudio, requiere de una mutua colaboración en todos los procesos realizados desde sus campos de acción y áreas de intervención. Al mostrar la actividad física como una herramienta de intervención de los procesos desde diferentes profesiones, se deben privilegiar estrategias y programas acordes al grupo poblacional participante en cualquiera de los campos de acción, ya sea de forma individual o grupal (Pacífico et al., 2018).

1.5 Ejercicio físico

Por otra parte, el ejercicio físico es una "actividad física planificada, estructurada y repetida, cuyo objetivo es adquirir, mantener o mejorar la condición física y la salud". Así, un programa de ejercicio físico requiere la planificación y estructuración de la intensidad, volumen y tipo de actividad física que se desarrolla (Neufeld, 2014). Por lo que las principales diferencias entre actividad y ejercicio es que las primeras son actividades que realizamos en nuestro día a día que generan un gasto de energía, mientras que el ejercicio físico son actividades físicas que están planificadas para algún cierto objetivo (Stricker et al., 2020).

1.6 Fuerza

Ahora bien, dentro del ejercicio físico se encuentran diferentes actividades que podemos realizar, en el proyecto se analizará el entrenamiento de fuerza muscular. Al definir la fuerza se diferencia de dos conceptos diferentes: la fuerza como magnitud física y fuerza como una

acción para la ejecución de un movimiento deportivo (Harre,1994). Desde la perspectiva de la física, la fuerza muscular sería la capacidad de los músculos para generar la aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o frenar su desplazamiento.

En el ámbito del deporte y el ejercicio físico se pueden encontrar diferentes definiciones de fuerza como autores. Knuttgen y Kraemer (1987) definen la fuerza como la máxima tensión manifestada por el músculo o grupo muscular a una velocidad determinada.

González-Badillo (1995), define la fuerza como la capacidad de producir tensión en la musculatura al activarse, o como se entiende habitualmente, al contraerse. Para Verkhoshansky (1999), la fuerza es el producto de una acción muscular iniciada y sincronizada por procesos eléctricos en el sistema nervioso. La fuerza es la capacidad que tiene un grupo muscular para generar una fuerza bajo condiciones específicas. Kuznetsov (1989), Ehlenz (1990), Manno (1991), Harre y Hauptmann (1994) y Zatsiorsky (1995) la definen como la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante tensión muscular (Mella Herrera, 2013).

1.7 Entrenamiento de fuerza muscular

El entrenamiento de fuerza muscular es un término que se utiliza para denotar un componente del deporte y el entrenamiento físico que está diseñado para mejorar la fuerza muscular, la potencia muscular y la resistencia muscular para el ejercicio general o los deportes competitivos (Ramsay et al., 1990; Pitton, 1992; Faigenbaum & McFarland, 2016; Stricker et al., 2020).

El entrenamiento de fuerza muscular es un método especializado de acondicionamiento que implica el uso de diferentes modos de entrenamiento con una amplia gama de cargas resistivas, desde el peso corporal hasta las pesas. Los programas de entrenamiento de fuerza muscular pueden incluir el uso de pesas libres (barras y mancuernas), máquinas de pesas, balones medicinales, pesas rusas, tubos elásticos o el propio peso corporal de una persona para proporcionar la resistencia necesaria para aumentar la fuerza. (Ramsay et al., 1990; Pitton, 1992; Faigenbaum & McFarland, 2016; Stricker et al., 2020).

1.7.1 Fuerza muscular beneficios

Los estilos de vida saludables incorporan ejercicio regular que proporciona un equilibrio de actividades. Además de las mejoras en el rendimiento de las habilidades motoras, las ganancias en velocidad y potencia, el desarrollo de la alfabetización física, la reducción del riesgo de lesiones y la rehabilitación de lesiones, se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza muscular produce muchos beneficios para la salud, incluidas mejoras en la aptitud cardiovascular, la composición corporal, la densidad mineral ósea y los lípidos en sangre, sensibilidad a la insulina en jóvenes con sobrepeso, mayor resistencia a las lesiones y salud mental.

Los programas que involucran entrenamiento de fuerza muscular brindan opciones positivas para involucrar a los niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad en la actividad física y es más probable que creen una experiencia positiva y exitosa para estos participantes, quienes pueden tener niveles más bajos de aptitud física, cumplimiento deficiente del ejercicio y reducción tolerancia al entrenamiento aeróbico (Ramsay et al., 1990; Stricker et al., 2020).

1.7.2 Prevención/reducción de la incidencia de lesiones por la práctica físico-deportiva

La implementación de entrenamientos de fuerza correctamente prescritos y supervisados en programas de acondicionamiento físico globales durante la práctica deportiva ha demostrado poder reducir la incidencia de lesiones deportivas en niños y adolescentes. Aquellos programas de entrenamiento de fuerza muscular que se centran sobre los factores de riesgo de lesión asociados a las lesiones deportivas como desequilibrios musculares, bajo nivel de aptitud física neuromuscular inicial, tienen el potencial de reducir la incidencia de lesiones por sobrecarga hasta el 50% en niños y adolescentes (Peña et al., 2016).

Poseer la fuerza adecuada para mantenerse al día con estas mayores demandas en el cuerpo es valioso para ayudar a reducir el riesgo de lesiones y optimizar las ganancias en el rendimiento y la salud (Stricker et al., 2020).

1.7.3 Mejora de la fuerza muscular y de rendimiento en habilidades motrices

La literatura científica en este aspecto es firme, el entrenamiento de fuerza correctamente prescrito y supervisado tiene la capacidad de poder generar mejoras de rendimiento en

habilidades motoras (saltar, correr, lanzar, trepar, rodar) en edades infantiles y juveniles, lo que puede tener transferencia para mejorar otras capacidades de tipo deportivo. Disponemos de conocimiento científico que demuestra que el entrenamiento de la fuerza a estas edades puede conducir a incrementos del rendimiento motor a través de aumentos de fuerza, velocidad, potencia y otras características relacionadas (Faigenbaum & McFarland, 2016; Peña et al., 2016; Stricker et al., 2020).

Los programas de entrenamiento más eficaces parecen ser aquellos con una duración mínima de 8 semanas y series múltiples, que de ser posible deberán continuar a largo plazo para afianzar y mantener las adaptaciones conseguidas (H. Gregory & Travis, 2015; Faigenbaum & McFarland, 2016).

1.7.4 Mejora de la salud ósea

La niñez y la adolescencia son etapas clave para conseguir un pico de masa ósea lo más elevado posible en la etapa juvenil, cuando este es alcanzado. Durante estos periodos sensibles de formación ósea se puede llegar a adquirir el 50% del total de masa ósea. La práctica regular en actividades físico-deportivas con alto contenido de acciones de fuerza muscular, son potentes estímulos osteogénicos que ayudan, junto con un plan de alimentación, a conseguir ese objetivo en estas fases (Faigenbaum & McFarland, 2016; Peña et al., 2016; Stricker et al., 2020).

1.7.5 Mejoras de la composición corporal y de sensibilidad a la insulina

Actualmente existe conocimiento que muestra mejoras significativas en niños y adolescentes obesos, o en riesgo de serlo, sobre la mejora de su composición corporal (disminución de grasa corporal y aumento de masa muscular) y/o la sensibilidad a la insulina tras la participación progresiva en programas de entrenamiento de fuerza muscular (Ramsay et al., 1990; Faigenbaum & McFarland, 2016; Peña et al., 2016; Stricker et al., 2020).

1.7.6 Beneficios psicosociales

Si bien especialmente a los niños y adolescentes con obesidad o sobrepeso siempre se les ha animado a que participasen en actividades de tipo aeróbico, el exceso de peso corporal dificulta el rendimiento en actividades físicas de soporte del peso, como correr, y aumenta el

riesgo de lesiones musculoesqueléticas por sobreuso. El entrenamiento centrado en ejercicios de fuerza, caracterizados por una dinámica intermitente, por su mejora sobre el rendimiento motor y los beneficios sobre la reducción de lesiones, además, resultan agradables para estos chicos y chicas al no ser tan exigentes aeróbicamente y proporcionar una oportunidad para mejorar su rendimiento físico y ganar autoconfianza (Davoudi-Kiakalayeh et al., 2017; Fernandez-Del-Valle et al., 2018).

A falta de poder realizar una contundente afirmación desde la base científica, parece más que probable que la realización de entrenamiento de fuerza aumenta los niveles de bienestar psicológico, estado de ánimo y autoestima de los niños, niñas y adolescentes, siempre y cuando tengan una duración mínima de 8 a 12 semanas para observar cambios clínicamente significativos y duraderos (Goldfield et al., 2017).

1.7.7 Efectos cognitivos

A pesar de no haber muchas investigaciones que hayan analizado la relación directa entre la participación en ejercicio de fuerza y el rendimiento cognitivo, recientemente (Moradi et al., 2019) realizaron un análisis de regresión lineal ajustado por posibles factores de confusión (es decir, edad, estado socioeconómico, porcentaje de grasa y actividad física) y reveló que no existía ninguna relación entre flexibilidad, velocidad, fuerza muscular y resistencia con las tareas de procesamiento de información o las tareas cognitivas. Por otro lado, sí se observó una asociación positiva entre la agilidad con el tiempo de reacción ante problemas cognitivos.

Conjuntamente con estos argumentos se respalda la necesidad de promover la práctica del entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes por la eficacia mostrada para la mejora de la salud y rendimiento motor (figura 1).

Figura 1 Beneficios del entrenamiento de fuerza muscular en la salud y rendimiento en niños y adolescentes

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ANTECEDENTES

Desde la década de 1980, la prevalencia mundial de la infancia, el sobrepeso y la obesidad ha aumentado en un 47% . Esta tendencia se ha observado en países desarrollados (donde 24% de los niños y 23% de las niñas tienen sobrepeso u obesidad) y países en desarrollo (donde el 13% de niños y niñas tienen sobrepeso u obesidad) . Aunque la prevalencia de sobrepeso y obesidad infantil en países desarrollados podría haber comenzado a estabilizarse, sigue aumentando en países en desarrollo, mientras que las desigualdades socioeconómicas en la prevalencia del sobrepeso y la obesidad persiste o se está ampliando en muchas poblaciones (Bleich et al., 2018).

Hace alrededor de cuarenta años, el número de personas en el mundo con una composición corporal normal de acuerdo a la edad era mucho mayor que las personas obesas, este panorama actualmente ha dado un drástico cambio y se ha invertido en la actualidad el número de personas con sobrepeso y obesidad duplica el número de personas con un IMC

normal, si se continúa con esta tendencia, para el años 2030 más del 40% de la población del planeta tendrá sobrepeso y más de la quinta parte será obesa (Malo Serrano et al., 2017).

Existe la llamada doble carga de enfermedad, significa que los países en desarrollo deben combatir la marea creciente de obesidad y enfermedades no transmisibles relacionadas enfermedades al tiempo que se abordan los desafíos existentes de la desnutrición y las enfermedades infecciosas, la alta prevalencia de la obesidad en todo el mundo es particularmente preocupante en vista de la graves consecuencias para la salud asociadas con la infancia sobrepeso y obesidad. La evidencia relaciona la obesidad infantil con enfermedades crónicas, 4 a 7 factores de riesgo cardiovascular. Además, la continuación del sobrepeso y la obesidad infantil, en la edad adulta aumentan el riesgo para la morbilidad de por vida y la mortalidad prematura (Bleich et al., 2018).

Sin embargo, en la población infantil de acuerdo con los datos de (UNICEF, 2019) al menos 1 de cada 3 niños y niñas menores de cinco años equivale a 200 millones en el mundo padece desnutrición o sobrepeso.

Los niveles de sobrepeso y obesidad en la infancia y la adolescencia están aumentando en todo el mundo, entre el 2000 y 2016, la proporción de niños y jóvenes de 5 a 19 años con sobrepeso se duplicó, pasando de 1 de cada 10 a casi 1 de cada 5. En comparación con 1975, hoy hay 10 veces más niñas y 12 veces más niños de 5 a 19 años que sufren de obesidad (UNICEF, 2019).

Por otra parte la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó un estudio en el que indica el número de niños y adolescentes de edades entre los 5 y los 19 años que presentan obesidad, esta se ha multiplicado por 10 en el mundo en los cuatro últimos decenios, si se mantienen las tendencias actuales, en 2022 habrá más población infantil y adolescente con obesidad que con insuficiencia ponderal moderada o grave.

Las cifras mundiales de obesidad de la población infantil y adolescente aumentaron desde menos de un 1% (correspondiente a 5 millones de niñas y 6 millones de niños) en 1975 hasta casi un 6% en las niñas (50 millones) y cerca de un 8% en los niños (74 millones) en 2016. Estas cifras muestran que, el número de niños y jóvenes obesos de 5 a 19 años pasó de los 11 millones de 1975 a los 124 millones de 2016. Además, 213 millones presentaban sobrepeso en 2016, si bien no llegaban al umbral de la obesidad (OMS).

En México, la obesidad y el sobrepeso afectan a 1 de cada 3 niños (UNICEF, 2019). Según señalan datos sobre obesidad infantil, ha habido un aumento dramático en los últimos diez años, las encuestas Nacionales de Salud de los años 1999 y 2006 demuestran que tanto el sobrepeso como la obesidad en niños y adolescentes aumentaron casi un 40% (ENSANUT, 2012). La última encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 da muestras que hubo un aumento del 3% en sobrepeso y 4% en obesidad desde 2012 y afectando a un total de 38.5% de la población total en niños y adolescentes.

La obesidad infantil en el estado de Hidalgo en 2006, 31.2% de los niños y adolescentes hombres y mujeres de 11 a 19 años presenta sobrepeso y obesidad, cifra que se observó muy similar en 2012 con un 31.8%. Esta prevalencia también es menor que la reportada en el ámbito nacional 35%. La distribución por sexo en 2012 mostro mayor prevalencia para las mujeres 34.5%, en comparación con los hombres 29.1%. En comparación entre zona urbana 35.1% y en zona rural 29.0% en 2012 se puede observar que la zona rural está por debajo un total de 6% (ENSANUT, 2012).

De acuerdo con la última publicación de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018 dio a conocer que en el estado el 13.2 por ciento de la población de niños y adolescentes de edad padecía obesidad. Con ello Hidalgo se ubicó por encima del Estado de México, el cual registró un un 12 por ciento, la Ciudad de México con 12.2 por ciento y Jalisco con 12.9 por ciento, afectando a cuatro de cada diez adolescentes y uno de cada tres niños hidalguenses.

La obesidad es el principal factor de riesgo en desarrollar enfermedades del corazón, la principal causa de mortalidad general en en el Planeta, en México y en Hidalgo (OMS), asimismo la obesidad es de los principales factores de riesgo para desarrollar diabetes mellitus la segunda causa de mortalidad en México y en Hidalgo (tabla 1), (DeAngelo et al., 2019).

Tabla 1. Principales Causas de Mortalidad en el Mundo, en México y en Hidalgo en los años 2000 - 2018

No.	Planeta	México	Hidalgo
1	Enfermedades del corazón	Enfermedades del corazón	Enfermedades del corazón
2	Infartos	Diabetes mellitus	Diabetes mellitus
3	Infección de las vías respiratorias	Cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado	Tumores malignos
4	Enfermedad pulmonar constructiva	Enfermedad cerebrovascular	Enfermedades del hígado
5	Enfermedades diarreicas	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Enfermedades cerebrovasculares
6	Tuberculosis	Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	Accidentes
7	VIH/SIDA	Accidentes de tráfico de vehículo de motor	Enfermedades pulmonares
8	Complicaciones de parto prematuro	Infecciones respiratorias agudas bajas	Influenza y neumonía
9	Traquea, bronqios, cánceres.	Enfermedades hipertensivas	Agresiones
10	Accidentes de tráfico	Nefritis y nefrosis	Insuficiencia renal

Basado en (Fragoso et al., 2015; Statista, 2019; OMS, 2020)

Es de vital importancia conocer sobre esta enfermedad crónica no transmisible, que genera un impacto negativo en la calidad de vida de los niños y de sus familias. Además de ser un problema estético, esta entidad representa graves problemas a la salud, su manejo debe estar

enfocado en un plan de alimentación guiado por un grupo experto en el tema, que se acompañe de un programa de actividad física individualizado. En el estudio de Mohammadi et al. en 2018 (Davoudi-Kiakalayeh et al., 2017) realizó una intervención de entrenamiento de fuerza muscular y tras 12 semanas de entrenamiento se redujo un total del 20% del porcentaje de grasa corporal en los sujetos de la población de estudio, por su parte (Santos et al., 2018) igualmente con un programa de entrenamiento de fuerza muscular durante 12 semanas de entrenamiento se redujo el 14% de grasa corporal en la población del estudio.

Además de los resultados negativos para la salud y la reducción de la calidad de vida, la obesidad representa una carga económica sustancial para los sistemas mundiales de atención de la salud. Las personas con obesidad tienen costos médicos aproximadamente un 30% más altos que las personas con peso normal, en los EE. UU., los costos médicos directos anuales de la obesidad se estima en 113.9 mil millones de dolares, en un estudio se encontró que el costo de vida de un niño con obesidad (US $19,000) representa un mayor costo en relación con un niño con normal peso (Bleich et al., 2018).

2.1 Contexto cultural, social e histórico del entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes

En el pasado se creía que en edad evolutiva no era aconsejable un entrenamiento dirigido a la fuerza muscular antes de la finalización de la maduración sexual, y tal indicación era justificada, por las carencias del estado hormonal, sobre todo de testosterona, típicas de los niños y de los adolescentes. Se tenía la sospecha de que, un entrenamiento de la fuerza provocaba un efecto negativo sobre el crecimiento y sobre la maduración ósea, en consecuencia, aumentaba la predisposición a los traumas especialmente de las epífisis, de los cartílagos de crecimiento, de los huesos y del tejido conectivo (Ramsay et al., 1990; Pitton, 1992).

En la fase inicial, entre los años 60 y 80, los primeros estudios empíricos sobre el entrenamiento de fuerza en edad evolutiva, no se observaron efectos significativos en relación con el incremento de la fuerza y de las capacidades físicas. De esta forma, en 1983, partiendo de estos conocimientos, la American Academy of Pediatrics publicó que el entrenamiento de la fuerza con los niños y los adolescentes era inoportuno, y casi inútil, en

cuanto que no llevaba al objetivo deseado, aumentaba el riesgo de lesiones y su efecto no era seguro (Fernhall, 2008; H. Gregory & Travis, 2015; Faigenbaum & McFarland, 2016).

En torno a 1990, a causa del aumento de las pruebas empíricas favorables al entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes, se produce un cambio en los consejos sobre el entrenamiento (Fernhall, 2008), que llevó a una revisión del posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association, del American College of Sports Medicine y de la American Academy of Pediatrics que ahora recomendaban, un entrenamiento de la fuerza realizado bajo la supervisión de un experto, y orientado a un grupo específico de sujetos, como prevención de las lesiones, para incrementar la condición física y el estado general de bienestar psíquico (Ramsay et al., 1990; Pitton, 1992; Fernhall, 2008; Mella Herrera, 2013; Lloyd et al., 2014; H. Gregory & Travis, 2015; Faigenbaum & McFarland, 2016).

A partir de entonces, se comenzó a cambiar la tendencia (Frölich et al., 2010), y en los últimos años del siglo XX y comienzos del siglo XXI se empezaron a exponer ideas en relación al entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes en las que afirmaban: "El primer concepto erróneo es que el niño en la edad prepuberal no puede obtener beneficios del entrenamiento de la fuerza a causa de los insuficientes niveles de andrógenos en circulación".

"El segundo es que el niño que realiza un entrenamiento de fuerza pierde la flexibilidad y la amplitud de los movimientos necesarios para poder desarrollarse". "La tercera idea equivocada es que el entrenamiento de la fuerza es peligroso y expone a los niños a un riesgo de lesiones inútiles".

Mientras se afirmaba, en las publicaciones anteriores, que antes de la pubertad, y después de los 70 años, la fuerza no era susceptible de ser entrenada desde el punto de vista de la fisiología, actualmente es posible constatar, que el organismo humano es entrenable durante todo el período vital (H. Gregory & Travis, 2015; Faigenbaum & McFarland, 2016), si bien esta posibilidad de entrenamiento está sujeta, a notables cambios que dependen de la fase de desarrollo individual.

Además, otros aspectos sociales de la actualidad que se viven en el país están impactando de manera indirecta en la prevalencia del sobrepeso y la obesidad infantil. Por ejemplo, que México sea el primer consumidor a nivel mundial de refrescos, y que este producto se publicite en horarios de programas televisivos infantiles, aunado al proceso de inseguridad

nacional que vive el país que implica que se realicen en su mayoría actividades que no involucran un gasto energético significativo dentro de los hogares, impactan de forma indirecta en el padecimiento de la obesidad en los niños y adolescentes mexicanos.

2.2 Estado del arte

La efectividad del entrenamiento de fuerza a la hora de disminuir la obesidad es muy cuestionada. Las personas que quieren reducir sus porcentajes de grasa corporal se les ha recomendado tradicionalmente las actividades de tipo aeróbicas, en la (tabla 2) se muestra 5 estudios en donde los participantes realizaron entrenamiento de fuerza, los resultados mostraron que en 4 de ellos se redujo el porcentaje de grasa corporal, únicamente en el estudio de (Dinyer et al., 2019) no se logró reducir, por lo que podemos deducir que el entrenamiento de fuerza como mínimo ha impedido el aumento de grasa corporal en las poblaciones del estudio y en el 80% de los estudios se logró reducir.

El vacío epistemológico de estos estudios es que todos se realizaron con adolescentes y adultos por lo que sería muy interesante realizar una investigación de los efectos del entrenamiento de fuerza en niños para reducir los niveles de grasa corporal. Así como solo en un estudio se incorporó un marco multidisciplinario nutrición y entrenamiento de fuerza (Fernandez-Del-Valle et al., 2018) por lo que sería muy interesante continuar con estos aspectos porque los demás solo se enfocaron al entrenamiento de fuerza muscular, al igual que la duración de la intervención fue muy variada de entre tres a doce semanas, en este aspecto la evidencia científica nos indica que las intervenciones de ocho semanas o más son las eficaces.

Tabla 2 Estado del arte

Estudo	**Grupo**	**Objetivo**	**Diseño experimental**	**Duración**	**Resultados**
(Dinyer et al., 2019)	23 Mujeres sedentarias. Edad: 21.2 ± 2.2	Analizar el efecto de dos entrenamientos de fuerza de diferente intensidad sobre la fuerza y la composición corporal	-Grupo entrenamiento de fuerza de baja intensidad -Grupo de entrenamiento de fuerza de alta intensidad	Doce semanas. Tres sesiones semanales	Ambos grupos mejoraron su fuerza, pero no consiguieron mejorar su masa muscular, ni reducir su porcentaje de grasa corporal.
(Santos et al., 2018)	Hombres con al menos seis meses de experiencia en entrenamientos de fuerza. Edad: 24.3±2.8	Comparar las modificaciones logradas en el porcentaje de grasa corporal y en la fuerza máxima con la aplicación de cuatro programas de entrenamiento de fuerza diferentes	Grupo de control (GCO) - Grupo isotónico (SIG) -Grupo método bi-set (GBS) - Grupo entrenamiento en circuito (GCT) -Grupo entrenamiento convencional (GCV).	Doce semanas. Tres sesiones semanales	Todos los grupos experimentales lograron incrementar sus niveles de fuerza máxima y reducir su porcentaje de grasa corporal.
(Cholewa et al., 2018)	Mujeres universitarias que no habían realizado entrenamientos de fuerza estructurados	Comparar las mejoras en los niveles de fuerza, composición corporal e hipertrofia	Grupo entrenamiento de fuerza con volumen moderado (ML) -Grupo de	Ocho semanas. Tres sesiones semanales	Ambos entrenamientos generaron hipertrofia muscular y mejoras en los niveles de

	en los últimos seis meses. Edad: 20.3+1.5	logradas a través de dos entrenamientos de fuerza diferentes	entrenamiento de fuerza con volumen elevado (HL)		fuerza y en la composición corporal
(Fernandez-Del-Valle et al., 2018)	Adultos con buen estado de salud. Edad: 18-30	Analizar los efectos de un entrenamiento intenso de fuerza sobre la composición corporal, los niveles de fuerza y los niveles séricos de irisina	-Grupo entrenamiento intenso de fuerza -Grupo control	Tres semanas. Tres sesiones semanales	El entrenamiento generó hipertrofia muscular, mejoras en los niveles de fuerza y composición corporal
(Davoudi-Kiakalayeh et al., 2017)	Hombres sedentarios con buena salud. Edad: Grupo fuerza: 48.16±5.68; Grupo resistencia: 49.50±7.63; Grupo concurrente: 46.72±4.19; Grupo control: 46.50±4.37	Analizar los efectos de diferentes tipos de ejercicio sobre la composición corporal y los factores de riesgo cardiovascula	-Grupo fuerza -Grupo resistencia -Grupo concurrente -Grupo control	Doce semanas Grupo de fuerza 2 sesiones semanales el primer mes y después tres Grupo resistencia y concurrente 3 sesiones semanales	Los 3 grupos experimentales mejoraron su composición corporal.

Elaboración propia

En el estado de Hidalgo no se propician las actividades que mejoren la fuerza muscular lo que considero un grave error para mejorar la salud de la población, si bien es cierto cualquier

actividad física es buena (cuando esté bien adaptada a las necesidades de las personas), el entrenamiento de fuerza muscular debe ser uno de los principales objetivos.

El tratamiento más eficaz para la obesidad infantil es la prevención. La obesidad es mucho menos probable que ocurra en escuelas y familias que apoyan los estilos de vida saludables como es la actividad física, el ejercicio, una buena alimentación y un sueño suficiente (Han et al., 2010; Borràs & Ugarriza, 2013).

Las intervenciones con éxito en las escuelas sobre el manejo de la obesidad infantil priorizan las clases de educación física, brinda opciones saludables de alimentos, con porciones proporcionales a la edad, fomentan consumo de agua natural como bebida principal, así como tener actividades extraescolares que impliquen actividad física, como los eventos deportivos (torneos, olimpiadas, clases de deportes, etc.) Si estos elementos no están presentes, controlar su peso será complicado (Han et al., 2010).

La clave para el éxito para la prevención y disminución de la obesidad a largo plazo implica la concientización por las preferencias y el disfrute personal de los niños y jóvenes, ya que es la mejor forma de motivación. Disminuir el tiempo de estar sentado frente al televisor o el celular y motivarlos a realizar ejercicio y comer adecuadamente es mucho más efectivo que obligarlos. Incluso en las familias donde la genética favorece la obesidad, un estilo de vida saludable disminuirá el impacto negativo que la obesidad puede generar en la salud de los niños.

La obesidad tiene un impacto en la salud física y psicológica a largo plazo en los niños, que en la mayoría de los casos, conducen a graves comorbilidades en la edad adulta que son difíciles de tratar. Las estrategias que se centran en modificar el comportamiento y la adquisición de hábitos saludables debe ser la principal forma en que los niños aprenderán a tener un equilibrio entre la actividad física y las calorías consumidas (Han et al., 2010).

Los hábitos que tienen los adultos, ya sean buenos o malos, generalmente se fomentan durante la infancia. La obesidad infantil puede ser un problema de mala gestión de los adultos mucho más que un problema de decisiones de los niños. Las escuelas al igual que los padres deben hacer una contribución importante a los niños para brindar un entorno orientado a la salud en el que es más probable que los niños adquieran hábitos que promoverán el bienestar a lo largo de sus vidas.

Un metanálisis realizado en 2018 analizó los efectos del entrenamiento de fuerza sobre el estado de peso en niños y adolescentes con peso normal, sobrepeso y obesidad identificó 24 ensayos controlados aleatorizados (Collins et al., 2018), examinó la masa corporal (kg), el IMC, la grasa corporal (%), la masa magra (kg), los pliegues cutáneos (mm) y la circunferencia de cintura (cm), evidenciando un efecto significativo del EFM sobre el porcentaje de grasa corporal, la masa libre de grasa, la masa grasa, la circunferencia de la cintura pero ningún efecto significativo general sobre la masa corporal y el IMC, concluyendo que el EFM podría desempeñar un papel en el tratamiento y la prevención de la obesidad.

Sin embargo, (Schranz et al., 2013) y colaboradores identificaron que el entrenamiento de resistencia en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad parece tener, en general, efectos muy pequeños a pequeños sobre la composición corporal y efectos moderados a grandes sobre la fuerza en otro metanálisis realizado en 2013.

En la actualidad, los beneficios del entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes están documentados, y organizaciones como (NSCA, UKSCA, American academy of pediatrics) han desarrollado declaraciones en posición de apoyo. (Icheli et al., 2009; Lloyd et al., 2012; Stricker et al., 2020) Uno de estos beneficios es el efecto positivo del EFM sobre el estado de peso al reducir la grasa corporal y aumentar la masa muscular al mejorar la función de los tejidos musculares no esqueléticos, sin embargo los mecanismos moleculares que transducen estos efectos beneficiosos son en gran parte desconocidos (Vechetti, Peck, et al., 2021).

La mayoría de las investigaciones sobre los beneficios en el tejido adiposo del ejercicio se han centrado en el aeróbico, (Vechetti, Peck, et al., 2021) lo que lleva a una relativa falta de información sobre los beneficios sistémicos para la composición corporal del ejercicio de fuerza más allá de las mejoras en la función muscular.

III PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es efectivo el entrenamiento de fuerza muscular para reducir la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad ?

IV JUSTIFICACIÓN

La obesidad es uno de los principales problemas en el mundo y en México, por lo cual es necesario presentar nuevas estrategias para erradicar este problema. Esta investigación es importante porque tiene el objetivo de realizar un análisis sobre la pérdida de peso en niños y adolescentes desde un enfoque vanguardista fuera de las teorías tradicionales.

La reciente literatura, nos da muestras del aumento de las investigaciones favorables sobre el entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes, que llevó a instituciones de gran prestigio como la National Strength and Conditioning Association, el American College of Sports Medicine y la American Academy of Pediatrics que recomiendan, un entrenamiento de fuerza realizado bajo la supervisión de un experto, como prevención de las lesiones, para incrementar la condición física y el estado general de salud, físico y psicológico.

La revisión sistemática es una herramienta esencial para sintetizar la información científica disponible, incrementar la validez de las conclusiones de los estudios e identificar áreas de incertidumbre donde sea necesario realizar más investigación siendo imprescindibles para la práctica de una medicina basada en la evidencia y una herramienta fundamental en la toma de decisiones de salud pública.

Con los resultados de este proyecto se llenará el vacío de información que existe sobre los efectos del entrenamiento de fuerza y la reducción de la obesidad, se generará información valiosa para la creación de planes y programas que les oriente a los tomadores de decisiones con el fin último de mejorar la salud de los niños y adolescentes.

Los resultados que se obtengan servirán principalmente para la población de niños y adolescentes, padres de familia, instituciones escolares, instituciones deportivas para promover este nuevo enfoque en la reducción de la obesidad.

V OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el efecto de intervenciones de entrenamiento de fuerza sobre la grasa corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad.

Objetivos específicos

- Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el efecto del entrenamiento de fuerza en la composición corporal en niños y adolescentes de 5 a 19 años de edad con sobrepeso y/o obesidad.
- Realizar un metanálisis de los estudios incluidos para determinar el efecto del entrenamiento de fuerza sobre la grasa corporal y masa muscular en niños y adolescentes de 5 a 19 años de edad con sobrepeso y/o obesidad.
- Determinar los efectos del entrenamiento de fuerza múscular sobre la pérdida de grasa corporal y aumento de la masa muscular en niños y adolescentes de 5 a 19 años de edad con sobrepeso y/o obesidad.

VI HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Las intervenciones de entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad tienen un efecto positivo en la disminución de grasa corporal y el aumento de la masa muscular.

VII METODOLOGÍA

El presente metaanálisis se realizó siguiendo los lineamientos generales para el reporte de revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA, por sus siglas en inglés) una herramienta para contribuir a mejorar la claridad y la transparencia en la publicación de revisiones sistemáticas, que conlleva una serie de pasos:

7.1 Fuentes de información y búsqueda:

Los estudios fueron localizados por medio de búsquedas en bases de datos electrónicas, listas de referencias de artículos incluidos y revistas especializadas en el tema. La búsqueda abarcó toda la información disponible del año 2000 al 2021 en las siguientes bases de datos: PubMed, SciELO, ScienceDirect y Google Académico. El registro del protocolo se realizó en Open Science Framework con el número 10.17605/OSF.IO/MNCNBI.

Para la búsqueda de los artículos se utilizaron las siguientes palabras claves en inglés y español:

Tabla 3. Palabras clave para artículos de entrenamiento de fuerza muscular en inglés y español

Población objetivo	**Entrenamiento de fuerza muscular**	**Estado de peso**
Juventud, joven, niño, adolescente, puberto, niños, niñas.	Entrenamiento de fuerza muscular, programa de fuerza muscular, intervención de fuerza muscular, ejercicio de fuerza muscular, entrenamiento con pesas, fuerza y acondicionamiento	Obeso, sobrepeso, composición corporal, cintura, grasa, masa corporal, peso, pliegue cutáneo.

Elaboración propia

Target population	**Resistance training**	**Weight status**
Youth, young, child, teen, adol, pube, boys, girls.	Resistance training, resistance program, resistance intervention, resistance exercise, weight training, strength and conditioning.	Obese, overweight, body composition, waist, fat, body mass, weight. Skinfold.

Elaboración propia

A los estudios localizados que no se tuvo acceso al documento completo o a la estadística descriptiva necesaria, se les solicitó a los autores vía correo electrónico.

7.2 Selección de los estudios:

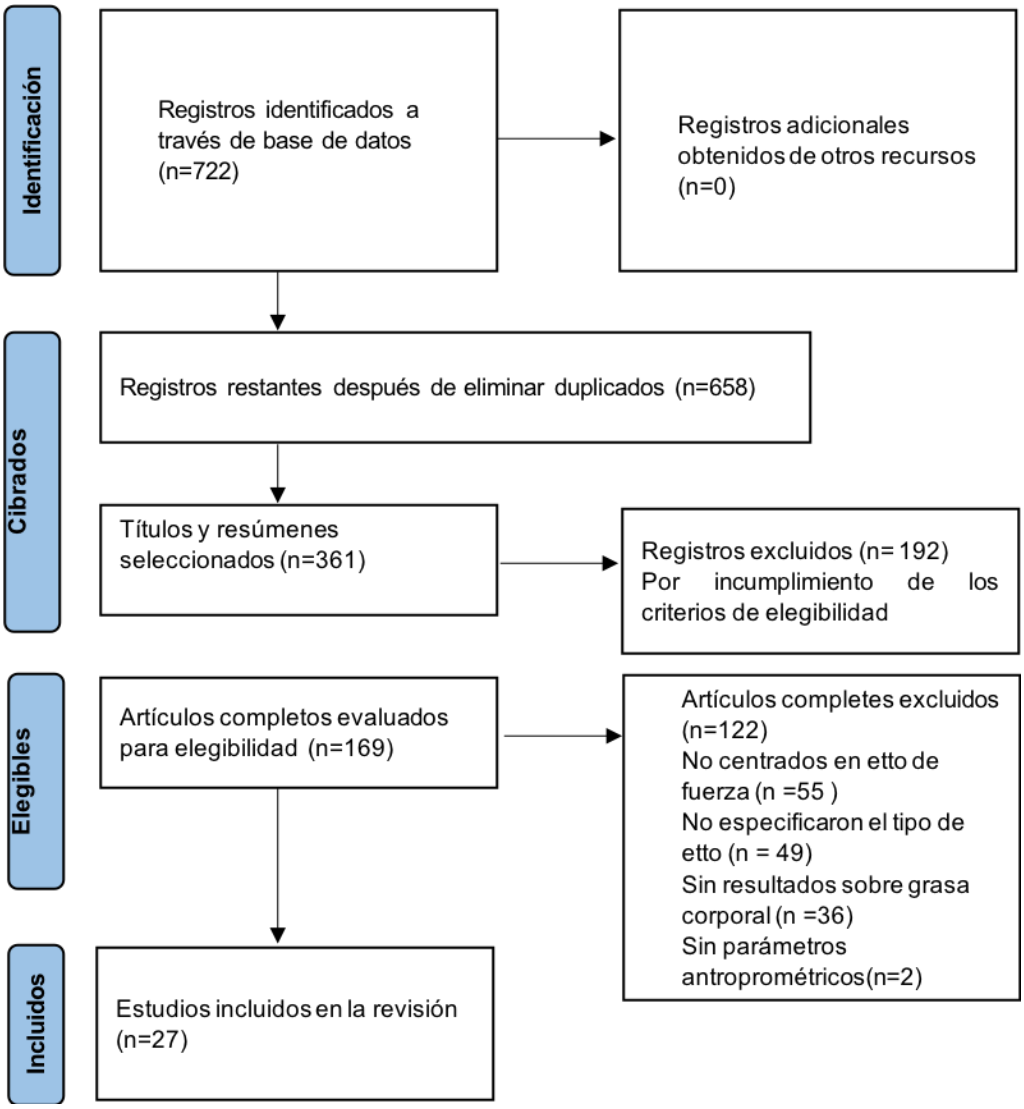
Los estudios deben estar publicados en texto completo en inglés o español, si se encuentran incompletos no pueden ser elegibles, igualmente el título y el resumen del estudio tienen que estar acorde al tema central del meta-análisis, de lo contrario serán descartados.

Los estudios identificados a partir de la búsqueda de palabras clave fueron seleccionados para su evaluación respecto a relevancia por dos investigadores de manera independiente, de los

que se obtuvieron resúmenes y textos completos, las referencias incluidas después de la selección se agregaron a una base de datos bibliográfica y los artículos que se consideraron de alto nivel de relevancia se revisaron en función de criterios de elegibilidad

Los investigadores consultaron desde agosto 2021 los buscadores PubMed, SciELO, ScienceDirect y Google Académico encontrando 722 títulos respectivamente publicados entre los años 2000 y 2021. Después de ser filtrados al leer títulos y resúmenes, se detectaron 21 artículos repetidos y finalmente 27 artículos fueron incluidos en la revisión sistemática (Figura 2) 26 en idioma inglés y uno en español.

Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA de búsqueda sistemática y estudios incluidos



7.3 Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión

- Los sujetos se encontraban en edad escolar entre 5 y 19 años,
- Se analizaba la grasa corporal
- Tipos de estudio: ensayos controlados aleatorios
- Administrar un programa de entrenamiento de fuerza muscular,
- Publicaciones originales en texto completo en inglés o español publicadas durante los años 2000 a 2021.

Criterios de exclusión

- Grupo de sujetos tenía una afección patológica o discapacidad que afecte el movimiento (p. Ej., Parálisis cerebral / dispraxia),
- Grupo de sujetos se identificó con una afección conductual o neuropsicológica.
- Entrenamiento pliométrico, vibratorio o neuromuscular, o entrenamiento específicamente con fines de rehabilitación.

Criterios de eliminación

- Artículos publicados el año 1999 o antes.
- Artículos con intervención de 3 semanas de entrenamiento de fuerza muscular o menos.

7.4 Proceso de extracción de los datos: Extracción de datos

Los datos fueron extraídos mediante un formulario electrónico e incluyeron características del estudio (pais, año de publicación, muestra); características de los participantes (edad, estado nutricional); componentes de la intervención (duración, tipo de entrenamiento); las medidas de resultado (grasa corporal, imc, circunferencia de cintura) y el resultado de la calidad metodológica.

Los datos de resultado se extraerán en forma de media, desviación estándar y tamaño de la muestra. Si los datos de resultado no estaban visibles en el documento, se estableció contacto con los autores y se les pidió que proporcionaran estos datos dentro de un plazo establecido. Para verificar la confiabilidad, se realizó la extracción de datos en el 100% de los estudios incluidos. Después de esto, cualquier desacuerdo se resolvió mediante discusión con todos los autores.

7.5 Lista de datos:

La variable principal que se buscara en los articulos a revisar, sera la grasa corporal de los niños y adolescentes la cual, debera tener valores pre-test y post-tests para que sea valido en este proyecto, de igual manera se analizarán el IMC, la masa muscular, el entrenamiento de fuerza muscular, el sexo, la edad, el peso corporal, número de sesiones, duración de la sesión, lugar de la sesion, descanso entre sesiones, número de series, número de repeticiones, porcentaje del RM, dieta.

Tabla 4. Operacionalización de las variables

Variable	**Relación entre variables**	**Definición conceptual**	**Definición operacional**	**Carácter**
Grasa corporal	Dependiente	El porcentaje de grasa corporal de un ser humano es la masa total de grasa dividida por la masa corporal total, multiplicada por 100.	Porcentaje	Cuantitativa continua
Índice de masa corporal (IMC)	Dependiente	Método utilizado para estimar la cantidad de grasa corporal que tiene una persona, y determinar por tanto si el peso está dentro del rango normal, o por el contrario,	Delgado severo /Delgado/ Peso saludable/ Sobrepeso/ Obesidad	Cualitativa ordinal

		se tiene sobrepeso o delgadez		
Masa muscular	Dependiente	Volumen del tejido corporal total que corresponde al músculo.	Kilogramos	Cuantitativa continua
Entrenamiento de fuerza muscular	Independiente	Método especializado de acondicionamiento que implica el uso de diferentes modos de entrenamiento con una amplia gama de cargas resistivas, desde el peso corporal hasta las pesas.	Si/No	Cualitativa dicotómica
Sexo	Co-variable	Características biológicas y fisiológicas que definen al hombre y a la mujer.	Masculino/Femenino	Cualitativa nominal
Edad	Co-variable	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Años	Cuantitativa discreta
Peso corporal	Co-variable	El peso del cuerpo humano se refiere a la masa o el peso de una persona	Kilogramos	Cuantitativa continua
Número de sesiones	Co-variable	Número de sesiones del entrenamiento de fuerza muscular a la semana	Número de días a la semana (1,2,3,4,5,6,7)	Cuantitativa discreta
Duración de la sesión	Co-variable	Duración de minutos destinada	Tiempo (minutos)	Cuantitativa continua

		a la parte inicial, parte principal y parte final del entrenamiento de fuerza muscular.		
Descanso entre sesiones	Co-variable	Número de días que transcurren de una sesión de entrenamiento a otra.	Cantidad de días a la semana (1,2,3,4,5,6,7)	Cuantitativa discreta
Número de series	Co-variable	Cantidad de series realizadas por ejercicio a la semana.	1-5 series 5-10 series 10-15 series 20 o más series	Cualitativa ordinal
Número de repeticiones	Co-variable	Cantidad de repeticiones realizadas por ejercicio a la semana	1-5 repeticiones 5-15 repeticiones Mayor a 15 repeticiones	Cualitativa ordinal
Porcentaje del RM	Co-variable	Esfuerzo que realiza el entrenado durante los ejercicios, expresado en porcentaje del 1 al 100% en donde mayor sea el número mayor es el esfuerzo.	Porcentaje	Cuantitativa continua
Dieta	Co-variable	Control o regulación de la cantidad y tipo de alimentos que consumen los participantes.	Si/No	Cualitativa dicotómica

Elaboración propia

7.6 Riesgo de sesgos de los estudios individuales:

Evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo

La "Herramienta de evaluación de la calidad para estudios cuantitativos" desarrollada por el Proyecto de práctica de salud pública efectiva en 1998 se utilizó para evaluar la calidad y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos. (National Collaborating Centre for Methods and Tools, 2010) Los resultados de la evaluación conducen a una calificación metodológica general de fuerte, moderado o débil en ocho secciones: sesgo de selección, diseño del estudio, factores de confusión, cegamiento, datos, métodos de recopilación, retiros y abandonos, integridad de la intervención y análisis. Se ha comprobado que la herramienta de evaluación es válida y fiable. Para verificar la confiabilidad, se llevara a cabo esta evaluación en el 100% de los estudios incluidos y cualquier desacuerdo se resolvió mediante discusión entre los dos autores. En general, se consideró aceptable la extracción de datos y la precisión del riesgo de sesgo de un autor.

7.7 Análisis de los datos

Los datos de referencia se expresaron como números, proporciones, promedios y desviación estándar. El metanálisis se realizó con el paquete estadístico Stata versión 16, se realizó un modelo de efectos aleatorios entre la correlación de reducción o aumento de grasa corporal con intervalos de confianza (IC) del 95%. Se empleó la estadística T^2, H^2 y I^2 para evaluar la heterogeneidad de los estudios, no se determinó heterogeneidad entre los estudios si I^2 era inferior al 50 %, un valor de I^2 igual o superior al 50% indicó heterogeneidad. Un valor de H^2: igual a 1 significa que no hay heterogeneidad y su valor aumenta cuando aumenta la heterogeneidad entre los estudios Para identificar el sesgo de publicación, los tamaños de muestra del efecto se graficaron frente a los errores estándar**.**

VIII RESULTADOS

8.1 Resultados de la búsqueda

Se identificaron un total de 722 artículos en las bases de datos PubMed, Science Direct, Scopus, SciELO y Google Scholar. En la fase de screening se eliminaron los duplicados y los estudios fueron filtrados seleccionando el título, resumen y palabras clave obteniendo

como resultado 63 referencias. Un total de 69 estudios fueron analizados a texto completo, siendo 15 excluidos por no estar enfocados en entrenamiento de fuerza, 9 porque no especifican el tipo de entrenamiento aplicado, 16 porque no evaluaron variables relacionadas con la grasa corporal y 2 porque no especificaron el estado antropométrico de los niños intervenidos. Veinticiete estudios cumplieron con los criterios de selección (Elly et al., 2005; Shaibi et al., 2006; Benson et al., 2008; Davis et al., 2009; Gro et al., 2009; Mcguigan et al., 2009; Foschini et al., 2010; De Piano et al., 2012; Alberga et al., 2013; Barbara de Moura M. Antunes et al., 2013; Vásquez et al., 2013; Ackel-D'Elia et al., 2014; Dâmaso et al., 2014; Sigal et al., 2014; Barbara de Moura Mello Antunes et al., 2015; Dias et al., 2015; Inoue et al., 2015; Kelly et al., 2015; Monteiro et al., 2015; Crouter et al., 2017; Fiorilli et al., 2017; Bharath et al., 2018; Bruñó et al., 2018; Omposition et al., 2018; Horsak et al., 2019; Miguet et al., 2020; Seo et al., 2021).

8.2 Características de los estudios

En relación con la muestra total de los 27 artículos se analizaron a 1,834 niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad, con una edad (años) de 12.5±2.6 (min:6 max:19), la duración (semanas) fue de 12±7.3, frecuencia (semanal) de 3±1.1 dias, una duración (minutos) de 60±10.1 por sesión, series por ejercicio de 3±1.3 con repeticiones por ejercicio de 12±6.6. Los estudios se realizaron en 12 países Brasil (10 estudios), Estados Unidos (5 estudios), Australia (3 estudios), Canadá (2 estudios), Francia (1 estudio), Chile (1 estudio), China (1 estudios), Corea del sur (1 estudio), España (1 estudio), Alemania (1 estudio), Italia (1 estudio) Austria (1 estudio). Después de las intervenciones en el 92% de los estudios se logró reducir la grasa corporal, el 8% restante no presentó resultados significativos, la asistencia promedio para los estudios que lo programaron fue de 75%.

8.3 Resultados de la calidad metodológica

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la evaluación de calidad metodológica, de los 28 estudios evaluados los resultados de la evaluación de calidad metodológica, donde los estudios obtuvieron una puntuación de moderada fue de 60.7%, fuerte del 35.7% y débil de 3.6% (Elly et al., 2005; Shaibi et al., 2006; Benson et al., 2008; Davis et al., 2009; Gro et al., 2009; Mcguigan et al., 2009; Foschini et al., 2010; De Piano et al., 2012; Alberga et al.,

2013; Barbara de Moura M. Antunes et al., 2013; Vásquez et al., 2013; Ackel-D'Elia et al., 2014; Dâmaso et al., 2014; Sigal et al., 2014; Barbara de Moura Mello Antunes et al., 2015; Dias et al., 2015; Inoue et al., 2015; Kelly et al., 2015; Monteiro et al., 2015; Crouter et al., 2017; Fiorilli et al., 2017; Bharath et al., 2018; Bruñó et al., 2018; Omposition et al., 2018; Horsak et al., 2019; Miguet et al., 2020; Seo et al., 2021).

Tabla 5. Evaluación de calidad para estudios cuantitativos

Folio	Estudio	País	Muestra	Edad	Estado nutricional	Duración	Tipo de entrenamiento	Medidas de resultado	Calidad metodológica
1	Seo, Y. G et al 2021	Corea de Sur	Un ensayo de intervención cuasiexperimental incluyó a 242 participantes Los participantes se agruparon en tres para recibir atención habitual (grupo de atención habitual), intervención de ejercicios con entrenamiento en circuito (grupo de ejercicios) o intervención nutricional y de retroalimentación intensiva con una dieta equilibrada (grupo nutricional).	Entre 6 y 17 años. Promedio 11	Sobrepeso y obesidad	Las fases 1, 2, 3 y 4 comprenden la intervención intensiva (durante 6 meses), la actividad de grupo (durante 6 meses), el refuerzo (durante 3 meses) y la actividad de grupo (durante 9 meses), respectivamente. 24 semanas 3 días a la semana durante 60 minutos por sesión (una sesión de ejercicio en grupo y dos sesiones de ejercicio en el hogar) (72 sesiones en total)	(RT) Cuerpo completo, mas ejercicio aerobico (ejercicios en casa)	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	3
2	Miguet, M. et al 2020	Francia	43 adolescentes divididos en dos grupos MICT (n = 21) o HIIT (n = 22)	Entre 11 y 15 años. Promedio 13	Obesidad	16 semanas 4 sesiones a la semana, educación nutricional (2 / mes) y apoyo psicológico (1 / mes). (64 en total)	Aeróbico: HIIT y MICT mas (RT) Cuerpo completo	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	2
3	B. Horsak el al 2019	Austria	51 niños y adolescentes divididos en 2 grupos (grupo experimental=26 / grupo control n=25).	Entre 10 y 18 años. Promedio 13	Obesidad	12 semanas, 2 sesiones por semana, duración 60 minutos cada sesión. (24 en total)	(RT) Tren inferior	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg)	2

4	Branco, B. H. M, et al 2018	Brasil	18 adolescentes varones divididos en 2 grupos (Levantamiento de pesas=9/ entrenamiento funcional=9)	Entre 15 y 17 años. Promedio 16	Obesidad	12 semanas, De 1 a 6 semanas: 3 sesiones por semana, duración 46 minutos cada sesión . De 7 a 12 semanas 3 sesiones por semana, duración 52 minutos cada sesión. (36 en total)	(RT) Cuerpo completo	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, CC, CCa	1
5	Bharath, L et al 2018	Alemania	40 adolescentes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento con ejercicios (EX; n = 20) o sin ejercicios (CON; n = 20)	Promedio 14	Obesidad	El programa CRAE se realizó durante 60 min, 5 veces por semana durante 12 semanas. (60 en total)	(RT) Cuerpo completo mas ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, CC.	2
6	Bruñó, A et al 2018	España	52 participantes fueron asignados aleatoriamente a: Grupos impresos (n = 18), basados en la web (Move It; n = 18) o Move It más apoyo (n = 16).	Entre 9 y 16 años. Promedio de 12	Obesidad	La intervención programó 60 sesiones distribuidas en 12 semanas, con cinco sesiones semanales de 60 min cada una.	(RT) Cuerpo completo, mas ejercicio aerobico (ejercicios en casa)	Grasa corporal (%).	3
7	Fiorilli, G et al 2017	Italia	41 adolescentes con sobrepeso fueron divididos aleatoriamente en tres grupos de ejercicio: en la primera fase, el primer grupo realizó un entrenamiento de fuerza (RT) de intensidad moderada de 16 semanas, el segundo grupo realizó una RT de alta intensidad de 16 semanas, y el tercer grupo realizó un entrenamiento aeróbico (AT) de 16 semanas; en la segunda fase, todos los grupos realizaron ejercicio aeróbico de 6 semanas	Entre 12 y 15 años.	Obesidad	22 semanas, 3 sesiones semanales, 40 minutos por sesión	(RT) Cuerpo completo de media intensidad y de alta intensidad y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, CC.	2
8	Rey, O et al 2017	Francia	24 participantes restantes (14 niñas y 10 niños)	Entre 14 y 15 añ0s	Obesidad	5 semanas, 3 sesiones por semana, sesiones de 45 minutos.	Entrenamiento aeróbico vigoroso	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	2

9	Crouter, S. et al 2016	Estados Unidos	30 participantes	Entre 7 y 18 años Promedio 11	Obesidad	24 semanas, 4 veces a la semana para una sesión de 90 min. Incluía ejercicios aeróbicos, de fuerza y autoorganizados.	(RT) Cuerpo completo y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	2
10	Dias, I, et al 2015	Brasil	24 mujeres adolescentes con obesidad grupo experimental, grupo control 20 adolescentes sin obesidad.	Entre 13 y 17 años. Promedio 14	Obesidad	12 semanas, 3 sesiones por semana en días no consecutivos, duración de 30-40 minutos cada sesión. (36 en total)	(RT) Cuerpo completo	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC	2
11	Kelly, L. A, et al 2015	Estados Unidos	26 latinos adolescentes, asignados al azar a un grupo de entrenamiento de fuerza = 13 o un grupo de control= 13	Entre 14 y 18 años. Promedio 15	Obesidad	16 semanas, 2 sesiones semanales, duración de 1 hora pos sesión. (32 en total)	(RT) Cuerpo completo La intervención HBST se realizó en los hogares de los participantes.	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC	2
12	Monteiro, P et al 2015	Brasil	32 adolescentes con obesidad participaron en dos grupos de entrenamiento aleatorios, concurrente (n=14) o aeróbico(n=18), y se compararon con un grupo de control de (n=16).	Entre 11 y 17 años. Promedio 11	Obesidad	20 semanas (50 minutos x 3 por semana, supervisado)	Entrenamiento concurrente y entrenamiento aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, CC.	2
13	Antunes, B et al 2015	Brasil	25 adolescentes con obesidad	Entre 12 y 15 años. Promedio 13	Obesidad	20 semanas, 3 veces a la semana, con duración de 60 minutos por sesión	Entrenamiento concurrente	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, TG, CL, PAS, PAD.	2
14	Inoue, D et al 2015	Brasil	45 adolescentes fueron asignados aleatoriamente a tres grupos: entrenamiento aeróbico (EA n = 20), entrenamiento aeróbico más fuerza con periodización lineal (LP n = 13) y entrenamiento aeróbico más fuerza entrenamiento con periodización ondulante diaria (DUP n = 12)	Entre 15 y 18 años. Promedio 16	Obesidad	26 semanas, 3 veces a la semana, con sesiones de 60 minutos	Entrenamiento aeróbico, (RT) con periodización lineal y (RT) con periodización ondulante diaria.	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, TG, CL.	2

15	Dâmaso, A et al 2014	Brasil	116 adolescentes Fueron asignados al azar en dos grupos: AT (n = 55), AT + RT (n = 61). 82 niñas y 57 niños	Entre 15 y 19 años. Promedio 16	Obesidad	52 semanas (1 año) tres veces por semana, incluidos 60 minutos por sesión. (30 minutos de AT y 30 minutos de entrenamiento de fuerza)	(RT) Cuerpo completo y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, Glc, Ins, HOMA-IR, TG, Leptina, Adiponectina.	3
16	Ackel-D'Elia et al 2014	Brasil	72 adolescentes, 50 niñas y 22 niños Los sujetos fueron aleatorizados en 3 grupos: 1) entrenamiento aeróbico más resistencia (AT + RT: n = 24; 9 niños y 15 niñas); 2) entrenamiento aeróbico (AT: n=24; 7 chicos y 17 chicas) y 3) actividad física de ocio (LPA: n=24; 6 chicos y 18 chicas)	Entre 15 y 19 años. Promedio	Obesidad	24 semanas 60 min por sesión y realizado 3 veces por semana	(RT) Cuerpo completo y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, Glc, Ins, HOMA-IR, Leptina.	3
17	Sigal et al 2014	Canadá	304 participantes fueron aleatorizados a los siguientes 4 grupos durante 22 semanas: entrenamiento aeróbico (n = 75), entrenamiento de fuerza (n = 78), entrenamiento aeróbico y de resistencia combinado (n = 75) o control sin ejercicio (n = 76).	Entre 14 a 18 años Promedio 15	Obesidad	24 semanas, 4 dias a la semana 50 minutos por sesión	(RT) Cuerpo completo y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, CC, PAS, PAD, Glc, Ins, CL, TG.	3
18	Vásquez, F, et al 2013	Chile	111 niños es colares; Grupo intervención temprana= 60 ejecutó en paralelo ejercicio físico de fuerza muscular, educación alimentaria y apoyo psicológico durante 3 meses., grupo intervención tardia= 51 incorporó los primeros 3 meses, sólo la inter-vención educativa y el apoyo psicológico, y el	Entre 8 y 13 años	Obesidad	Por un período de tres meses (12 semanas), tres veces a la semana en días no consecutivos, a una sesión de 45 minutos (36 en total)	(RT) Cuerpo completo	IMC, masa grasa	3

			ejercicio se agregó entre los 3 y 6 meses						
19	Alberga, A. S, et al 2013	Canadá	19 niños divididos en 2 grupos (ejercicios de fuerza de intensidad moderada y alta repetición (n = 12) y grupo de control sin intervención (n = 7)	Entre 8 y 12 años. Promedio 10	Obesidad	12 semanas, 2 sesiones por semana, duración de 75 minutos por sesión (24 en total)	(RT) Cuerpo completo	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	2
20	Antunes et al 2013	Brasil	34 adolescentes con obesidad 12 niñas 22 niños un solo grupo de entrenamiento	Entre 12 y 15 años Promedio 13	Obesiad	20 semanas, 3 veces a la semana, con duración de 60 minutos por sesión	(RT) Cuerpo completo y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, TG, CL.	2
21	De Piano et al 2012	Brasil	58 adolescentes (37 niños 32 niñas) divididos en dos grupos Aerobico (AT) n= 29, y Aeróbico más fuerza (AE+RT) n= 29	Entre 15 y 19 años. Promedio 16	Obesiad	52 semanas, 3 veces por semana, con 60 minutos por sesión	(RT) Cuerpo completo y ejercicio aeróbico	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, HOMA-IR, CL, TG, Adiponectina, Leptina.	3
22	Foschini et al 2010	Brasil	32 adolescentes con obesidad divididos en dos grupos Periodización linear LP(n=16) y periodización ondular diaria DUP(n=16)	Promedio 16 años	Obesidad	14 semanas, tres sesiones semanales, con 60 minutos por sesión	(RT) Cuerpo completo	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, Glc, Ins, HOMA-IR, CL, PAS, PAD.	2
23	Mc Guigan, M, et al 2009	Australia	48 niños con sobrepeso y obesidad (n = 26 niñas y 22 niños; edad media = 9,7 años)	Entre 7 y 12 años. Promedio 9	Sobrepeso y obesidad	8 semanas, 3 sesiones semanales (24 en total)	(RT) Cuerpo completo periodizado ondulado	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	2
24	Davis, J. N, et al 2009	Estados Unidos	54 adolescentes latinos con sobrepeso (15.5 ± 1.0 años) fueron asignados al azar a: (i) Control (C; n = 16), (ii) Nutrición (N; n = 21), o (iii) Nutrición + Entrenamiento de fuerza (N + ST; n = 17).	Entre 14 y 18 años. Promedio 15	Sobrepeso	En un ensayo aleatorizado 16 semanas, 2 sesiones a la semana en dos dias no consecutivos (32 en total), con duración de 60 minutos cada sesión.	(RT) Cuerpo completo	Grasa total (kg), masa libre de grasa (kg), IMC.	3
25	Sgro, M et al 2009	Australia	31 niños preadolescentes con sobrepeso u obesidad, divididos en 3 grupos. El grupo 8 (G8) se entrenó	Entre 7 y 12 años. Promedio 9 años	Sobrepeso y Obesidad	Diseño longitudinal de 8, 16 y 24 semanas con 3 sesiones semanales entre	(RT) Cuerpo completo con combinación de diferentes ejercicios de potencia y peso corporal con	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg).	2

			durante 8 semanas, el grupo 16 (G16) se entrenó durante 16 semanas y el grupo 24 (G24) se entrenó durante 24 semanas			45 y 60 minutos por sesión.	variación ondulante (progresiva)		
26	Benson, A. C et al 2008	Australia	78 niños (32 niñas y 46 niños). Divididos en 2 grupos: Intervención PRT (37) Control (41)	Promedio 12 años	Peso normal, Sobrepeso y Obesidad	El grupo de PRT entrenó dos veces por semana durante 8 semanas (16 en total)	(RT) Cuerpo completo	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC, CC.	3
27	Shaibi, G et al 2006	Estados Unidos	22 adolescentes latinos fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento de (RT = 11) o un grupo de control sin ejercicio (C = 11)	Promedio 15 años	Obesidad	16 semanas, 2 sesiones semanales de no mas de 60 minutos. (32 en total)	(RT) Cuerpo completo periodizado y de naturaleza progresiva con un aumento en el número de series, repeticiones y resistencia utilizadas	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	2
28	YU, C et al 2005	China	82 Niños de la escuela de Hong Kong, divididos en 2 grupos (entrenamiento de fuerza con dieta) o en el grupo de control (solo dieta) (n 41 cada uno)	Entre 8 y 11 años. Promedio 10	Sobrepeso y obesidad	El grupo de entrenamiento asistió a un programa de ejercicios de fuerza de 75 minutos 3 veces a la semana durante 6 semanas (fase 1, 18 en total), después de lo cual se les ofreció y 22 niños optaron por continuar con un programa una vez a la semana durante 28 semanas más con una sesión a la semana (fase 2, 46 en total).	(RT) Cuerpo completo, en circuito	Grasa corporal (%), masa libre de grasa (kg), IMC.	3

Elaboración propia

8.4 Resultados del metanálisis sobre grasa corporal

Diez estudios presentaron la estadística necesaria para realizar la forrest plot y funnel plot (Alberga et al., 2013; Benson et al., 2008; Bharath et al., 2018; Davis et al., 2009; YU et al., 2005; Kelly et al., 2015; Monteiro et al., 2015; Seo et al., 2021; Shaibi et al., 2006; Sigal et al., 2014) mediante el modelo de efectos aleatorios se compararon los resultados del porcentaje de grasa corporal después las intervenciones con 95% (IC). (Fig. 3) Los resultados

del metanálisis revelaron que el EFM es una intervención efectiva para el tratamiento de grasa corporal (p= 0.00, z= 6.92), (p=0.00, Q(9)=42.63). La heterogeneidad de T^2= 1.69, H^2= 3.56 e I^2=71.94% lo que indica una heterogeneidad significativa.

Figura 3. Forrest plot de modelo de efectos aleatorios para el metanálisis entre la correlación de reducción o aumento de grasa corporal.

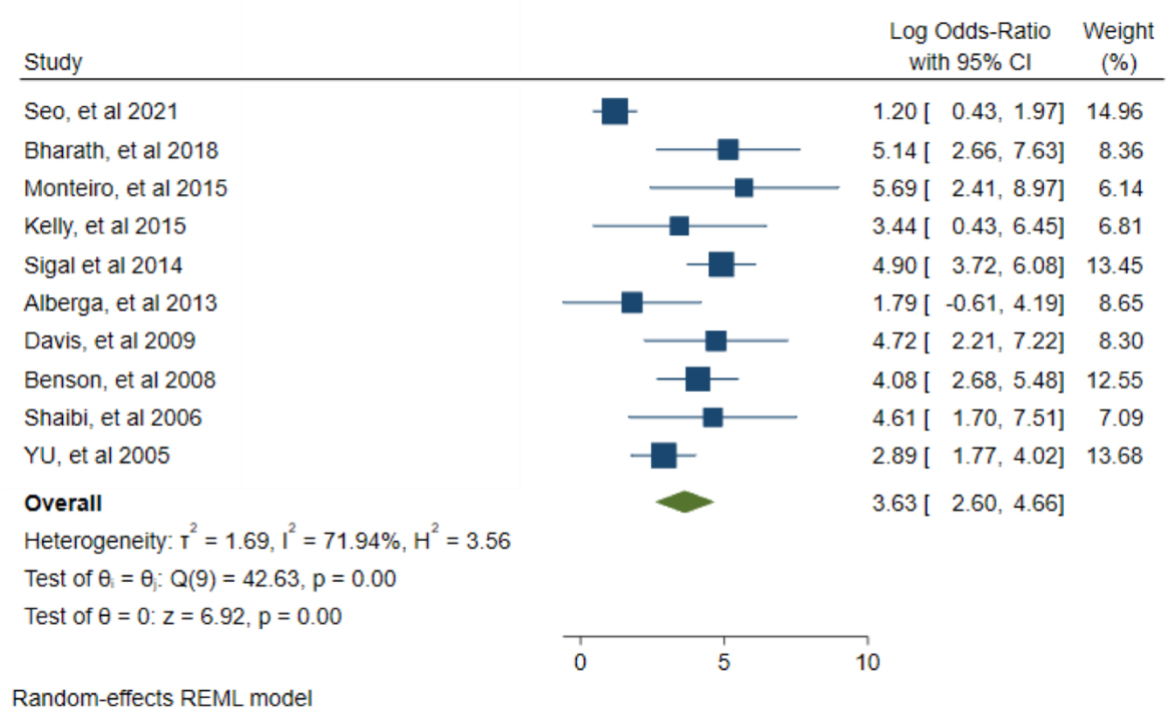
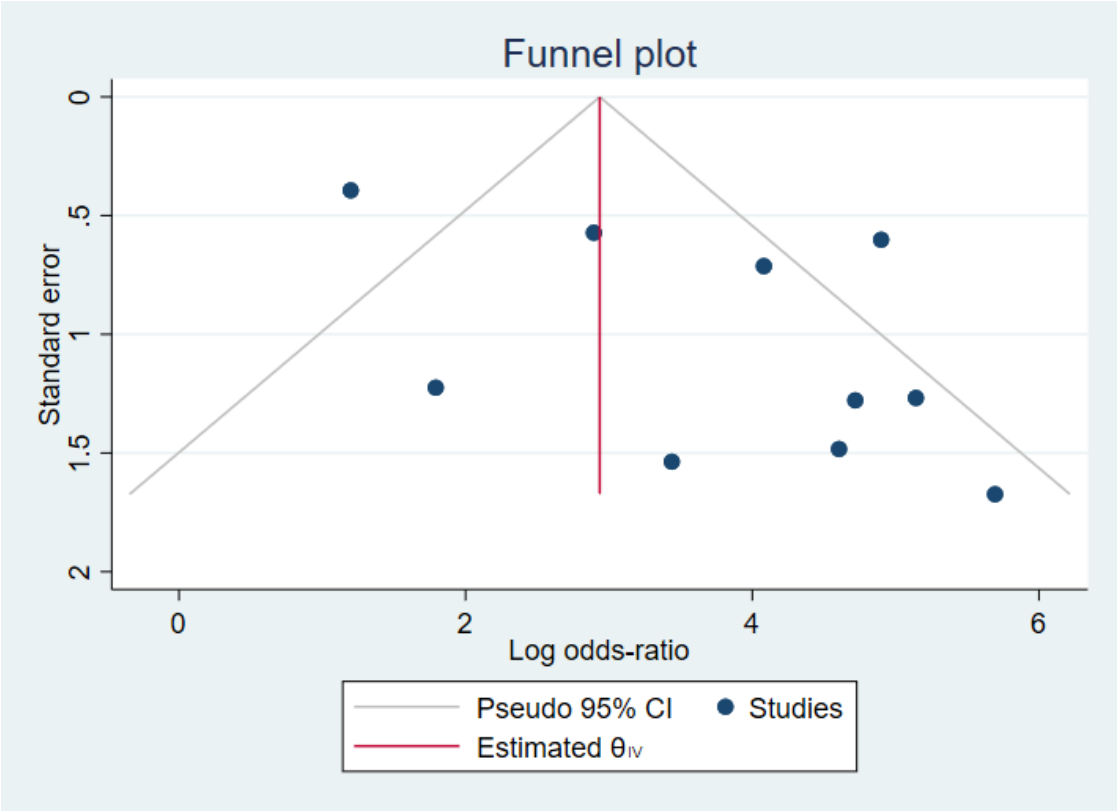


Figura 4. Funnel plot de grasa corporal mediante tamaños de muestra del efecto frente a los errores estándar.



8.5 Resultados del metanálisis sobre masa muscular

Nueve estudios presentaron la estadística necesaria para realizar la forrest plot y funnel plot (Alberga et al., 2013; Benson et al., 2008; Bharath et al., 2018; Davis et al., 2009; YU et al., 2005; Kelly et al., 2015; Monteiro et al., 2015; Shaibi et al., 2006; Sigal et al., 2014) mediante el modelo de efectos aleatorios se compararon los resultados del porcentaje de grasa corporal después las intervenciones con 95% (IC). (Fig. 5) Los resultados del metanálisis revelaron que el EFM es una intervención efectiva para el tratamiento aumento de la masa muscular (p= 0.00, z= 5.13), (p=0.02, Q(8)=18.74). La heterogeneidad de T^2= 1.29, H^2= 2.91 e I^2=65.60% lo que indica una heterogeneidad significativa.

Figura 5. Forrest plot de modelo de efectos aleatorios para el metanálisis entre la correlación de reducción o aumento de grasa corporal.

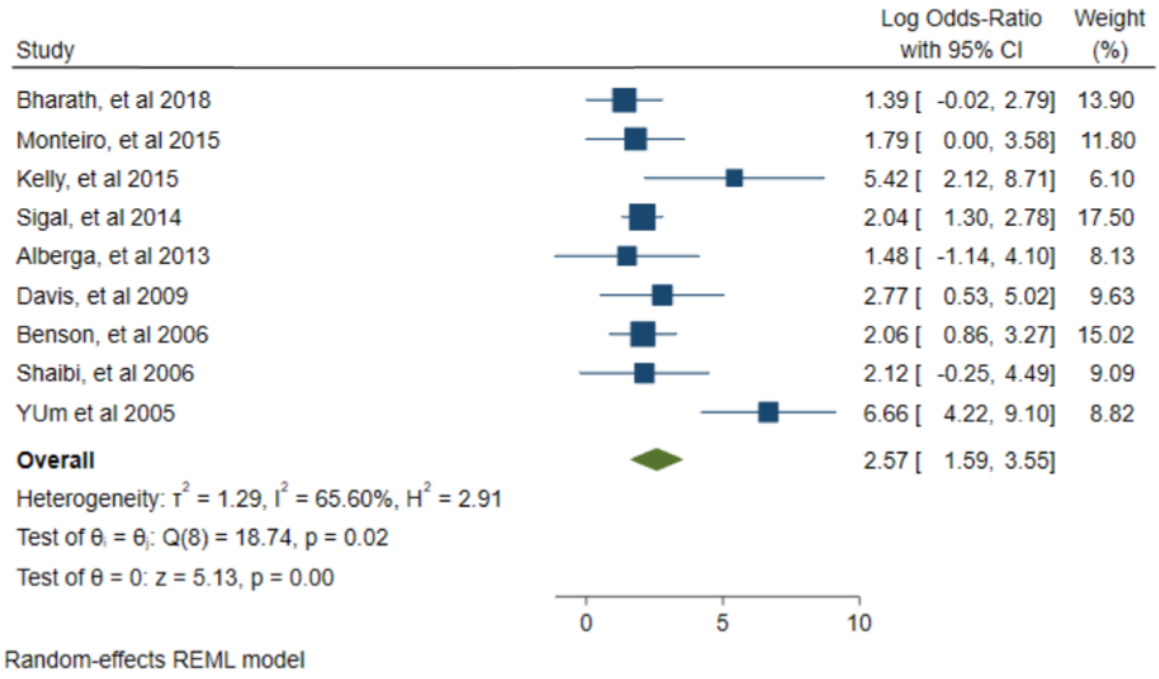
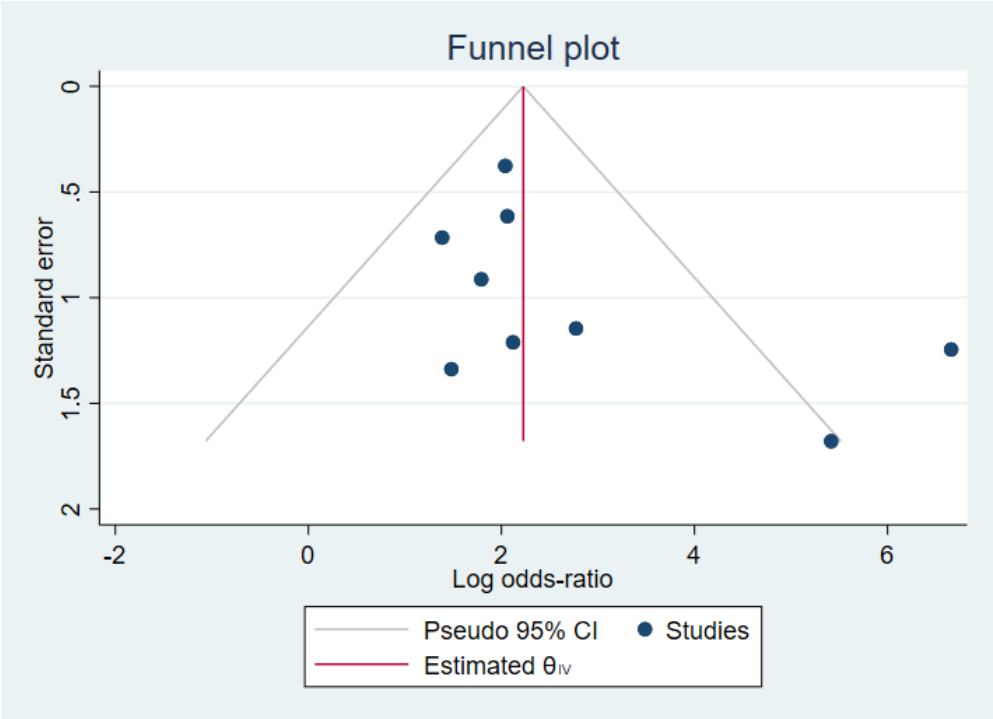


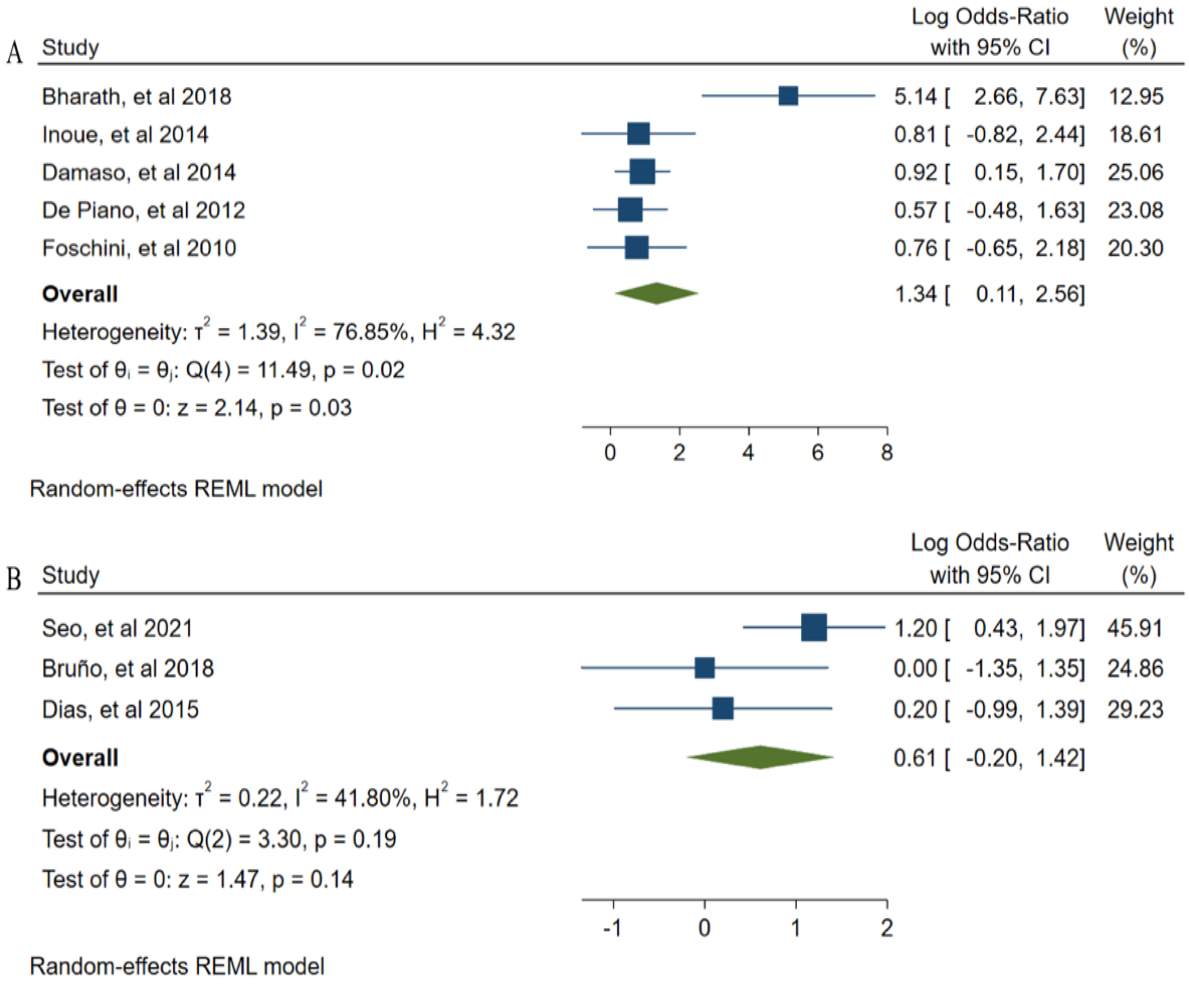
Figura 6. Funnel plot mediante tamaños de muestra del efecto frente a los errores estándar.



8.6 Análisis de subgrupos

En un intento por determinar las causas de la heterogeneidad en nuestro análisis, se realizaron análisis de subgrupos según la intensidad de los estudios (A: intensidades altas y medias >51 % RM, B: intensidades bajas <50 % RM

Figura 7. Análisis de subgrupos (A: intensidades altas y medias >51 % RM, B: intensidades bajas <50 % RM).



A) Se analizaron cinco estudios para construir análisis de subgrupos de intensidad media y alta (Foschini, et al 2010; De Piano, et al 2012; Damaso, et al 2014; Inoue, et al 2014; Bharath, et al 2018), los resultados revelaron que la ST de intensidad media y alta es una intervención eficaz para el tratamiento de la grasa corporal (p = 0,03, z = 2,14), (p = 0,02, Q (4) = 11,49). B) Se analizaron tres estudios para construir análisis de subgrupos de intensidad

baja (Dias, et al 2015; Bruño, et al 2018; Seo, et al 2021), los resultados revelaron que la ST de baja intensidad no es estadísticamente significativa para el tratamiento de la grasa corporal (p = 0,14, z = 1,47) , (p = 0,19, Q (2) = 3,30).

Figura 8.- Efectos del entrenamiento de fuerza muscular en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad de 5 a 19 años.

IX DISCUSIÓN

El entrenamiento de fuerza sobre el porcentaje de grasa corporal, presentó un efecto estadísticamente significativo. Las declaraciones de posición de American Academy of Pediatrics, (Stricker et al., 2020) UKSCA (Lloyd et al., 2012) y NSCA (Icheli et al., 2009) sobre el entrenamiento de fuerza juvenil sugieren que puede tener un impacto positivo en la grasa corporal, y los hallazgos significativos de este metanálisis para el porcentaje de grasa

corporal son contundentes respaldando estas afirmaciones, independientemente de la restricción dietética, (Strasser & Schobersberger, 2011) siendo más efectivos los entrenamientos en gimnasio (Dâmaso et al., 2014; De Piano et al., 2012; Foschini et al., 2010; Inoue et al., 2015; Miguet et al., 2020) sobre los entrenamientos en casa (Bruñó et al., 2018; Kelly et al., 2015).

Si bien esta disminución de grasa es esperable, es necesario investigar estudios más profundos que consideren la respuesta individual a la intensidad del entrenamiento de fuerza. Las intensidades de entrenamiento que presentaron mejores beneficios para la reducción de grasa corporal fueron alta y media (Shaibi et al., 2006; De Piano et al., 2012; Inoue et al., 2015; Crouter et al., 2017; Miguet et al., 2020), una posible causa puede ser que estas intensidades se acerquen al fallo muscular >5 repeticiones en reserva, esto ha demostrado ser favorable (H. Gregory & Travis, 2015), adicionalmente si se agrega a una dieta adecuada (Davis et al., 2009; Inoue et al., 2015; Monteiro et al., 2015) estos resultados se incrementan.

En la gráfica funnel plot (Fig. 4) se observa una asimetría lo que puede generar un sesgo de publicación, una posible causa es que al ser una investigación muy específica, hay un número limitado de estudios sobre este tema, así mismo los estudios presentan un número bajo de participantes debido a que los criterios de inclusión son únicamente niños o adolescentes con sobrepeso u obesidad.

Se ha sugerido que se requieren períodos de entrenamiento de más de 14 semanas para que se produzcan efectos en la grasa corporal y aumentos en la masa muscular magra (Alberga et al., 2011). Esto sugiere que la duración de la intervención para varios de los estudios puede no haber sido lo suficientemente larga como para invocar cambios medibles positivos.

Las vesículas extracelulares (EV) han surgido como un mecanismo potencial a través del cual los efectos beneficiosos del ejercicio regular se transmiten a otros tejidos. Los EV son vesículas unidas a la membrana con la capacidad de transferir biomoléculas funcionales como lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y azúcares, alterando así la función de la célula receptora (Vechetti, Valentino, et al., 2021).

El tejido adiposo se localiza en casi todos los compartimentos del cuerpo y consiste en grasa blanca y parda. Históricamente, el tejido adiposo se ha considerado simplemente un depósito de almacenamiento de lípidos; sin embargo, ahora se reconoce como un órgano endocrino

importante en la regulación de la homeostasis metabólica con una remodelación aberrante del tejido adiposo que conduce a estrés metabólico y trastornos en los órganos metabólicos. Por lo tanto, la comprensión de la regulación del metabolismo del tejido adiposo por el entrenamiento de fuerza puede identificar nuevos objetivos terapéuticos para la obesidad y sus enfermedades relacionadas. A pesar de que se ha demostrado que el ejercicio de fuerza afecta el tejido adiposo, la mayoría de los estudios se han centrado en los beneficios que proporciona el ejercicio aeróbico. Por lo general, estos beneficios se atribuyen a un aumento en la lipólisis del tejido adiposo y la oxidación de grasas en todo el cuerpo para mejorar el gasto de energía en respuesta al ejercicio. Se ha demostrado que el ejercicio de fuerza reduce las reservas de triglicéridos intramusculares con la posibilidad probable de que dichas reservas de triglicéridos se usarán como combustible durante la sesión de ejercicio (Vechetti, Peck, et al., 2021).

Esta evidencia, junto con nuestros hallazgos, sugiere que la diafonía mediada por VE entre el músculo esquelético y el tejido adiposo proporciona un mecanismo novedoso para coordinar el suministro y la utilización de energía durante el ejercicio de resistencia. En conclusión, hemos demostrado que, en respuesta a MOV, el músculo esquelético libera miR-1 que contiene EV que son absorbidos preferentemente por eWAT que conduce a una mayor lipólisis como resultado de una mayor sensibilidad a las catecolaminas a través de una expresión elevada de Adrβ3.

Si bien se requieren más estudios para proporcionar una mayor comprensión del mecanismo a una reducción de la grasa corporal debido a una intervención de entrenamiento de fuerza, se ha informado que una posible causa sería que el propio EFM favorece la pérdida de grasa a través del músculo, el tejido muscular libera Vesículas Extracelulares (VE) que presentan un mecanismo potencial a través del cual los efectos beneficiosos del ejercicio se transmiten a otros tejidos, (Vechetti, Valentino, et al., 2021) estas VE contienen miR-1 absorbidas por el tejido adiposo promoviendo la señalización adrenérgica y la lipólisis en el tejido adiposo, lo cual favorece la oxidación de grasa (Vechetti, Peck, et al., 2021) o también puede deberse simplemente a un aumento en la masa muscular esquelética y el aumento resultante en tasa metabólica basal (Smith et al., 2014), en particular, esto se ha observado en adolescentes (Lloyd et al., 2014).

Por otro lado también se sugiere que estos cambios podrían deberse a aumentos en el gasto energético total que pueden haber ocurrido simplemente al participar en una intervención de ejercicio, en lugar de un aumento del tejido magro metabólicamente activo. Sin embargo, es importante señalar que con los datos de los participantes niños y adolescentes incluidos en el análisis, pueden haber tenido un impacto en los resultados.

Existen limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. En primer lugar, los estudios incluidos emplearon varios tipos diferentes de intervención de ejercicios (entrenamiento de fuerza exclusivo o entrenamiento de fuerza más entrenamiento aeróbico) con una gran variabilidad dentro de las intervenciones del estudio con respecto al número de participantes (que van desde 18 a 304 participantes), la duración varió de 6 a 52 semanas, la frecuencia varió de 2 a 5 veces por semana y los programas también incluían una mezcla de series de 1 a 4 por ejercicio y repeticiones con un rango de 4 a 25 con intensidades bajas, medias o altas de acuerdo al 1RM, con diferentes metodologías como periodización ondualnte, entrenamiento de naturaleza progresiva con un aumento en el número de series, repeticiones y resistencia; en circuito, con periodización lineal o con periodización ondulante diaria, entrenamiento en circuitos; con entrenamiento en casa o en gimnasio.

Para los resultados, hubo una variedad de diferentes métodos de medición, por ejemplo, el porcentaje de grasa corporal se midió mediante DEXA, BodPod, impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y resonancia magnética. En el análisis no todos los estudios informaron datos para permitir una investigación exhaustiva, por lo que se pueden sacar conclusiones limitadas con base en este nivel de análisis adicional.

X CONCLUSIONES

Los resultados de esta revisión sistemática confirman que el EFM podría ser una intervención efectiva para el tratamiento del porcentaje de grasa corporal en las primeras 14 semanas de intervención con mejores resultados a largo plazo (> 36 semanas), a su vez, las intensidades altas y medias son beneficioso para reducir el porcentaje de grasa corporal. Sin embargo, se necesita una investigación más profunda sobre las intensidades del EFM y su efecto a nivel individual en niños y adolescentes, estos hallazgos pueden usarse para desarrollar nuevos métodos para el tratamiento de la obesidad infantil.

Tanto el entrenamiento de fuerza exclusivo, como el aeróbico exclusivo o la combinación de ambos son eficaces para la perdida de grasa corporal, pero para el aumento de la masa muscular el entrenamiento de fuerza es primordial ya que en intervenciones de unicamente ejercicio aeróbico los sujetos de investigación presentaron una disminución de la masa muscular.

El propio EFM favorece la pérdida de grasa a través del músculo, en respuesta al entrenamiento con cargas, el tejido muscular libera vesículas extracelulares que contienen miR-1 y estas vesículas son captadas preferentemente por el tejido adiposo balnco promoviendo la señalización adrenérgica y la lipólisis en el tejido adiposo, lo cual favorece la oxidación de grasa posteriormente

La evidencia respalda la idea de que el EFM regular puede alterar de manera efectiva la composición corporal en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad, independientemente de la restricción dietética. Se ha demostrado que el EFM aumenta la masa libre de grasa, la fuerza muscular y la tasa metabólica en reposo, y moviliza el tejido adiposo visceral y subcutáneo en la región abdominal. Además, el EFM reduce el estrés oxidativo inducido por el ejercicio y los niveles de homocisteína, asociados con enfermedades cardiovasculares

XI RECOMENDACIONES

- Para perder grasa corporal y aumentar la masa muscular mediante el entrenamiento de fuerza empieza a partir de las 6 semanas como mínimo con una frecuencia de 2 veces a la semana, con una serie para cada grupo muscular teniendo una duración una duración de 45 minutos por sesión, pero los resultados más significativos se adquieren a largo plazo (52 semanas, 3-5 veces a la semana, con 60 minutos por sesión).
- Los mejores resultados para una recomposición corporal se presentan a una intensidad media o alta. (+75%RM, ≤RIR 5), sin importar el número de series o repeticiones de los ejercicios.
- La combinación de ejercicio de fuerza muscular y ejercicio aeróbico es el tratamiento mas efectivo para las variables metabólicas al disminuir la adiposidad, los resultados se presentan a partir de las 20 semanas de intervención.

- En el 100% de los estudios que realizaron intervenciones de ejercicio en casa (a distancia), no hubo una reducción de la grasa corporal ni aumento de la masa muscular, es por esto la importancia del regreso a clases presenciales para los niños y adolescentes.
- El entrenamiento de fuerza muscular aumenta la flexibilidad, la fuerza muscular y el VO2Max, sin lesiones en los participantes.
- La combinación de ejercicio de fuerza muscular y ejercicio aeróbico favorece el aumento de la estatura en niños y adolescentes respecto a quienes no lo realizan.
- Con el ejercicio aeróbico exclusivo se pierde grasa corporal, pero también se pierde masa muscular si no se lleva un alimentación adecuada.

XII CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este trabajo está apegado a la declaración de Helsinki siendo sometido y aprobado por el comité de ética del Instituto de Ciencias de la Salud.

De acuerdo a la ley general de salud en materia de investigación en el Artículo 17 esta investigación cuenta sin riesgo: ya que es un estudio que emplea técnicas y métodos de investigación documental retrospectiva, sin realizar intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos.

XIII RECURSOS MATERIALES Y FINANCIEROS

El presente protocolo se solventará por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de una beca de posgrado. Para la realización de este proyecto se utilizarán dos computadoras, el paquete estadístico Stata, material de oficina, internet.

XIV REFERENCIAS

Ackel-D'Elia, C., Carnier, J., Bueno, C. R., Campos, R. M. S., Sanches, P. L., Clemente, A. P. G., Tufik, S., De Mello, M. T., & Dâmaso, A. R. (2014). Effects of different physical exercises on leptin concentration in obese adolescents. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(2), 164–171. https://doi.org/10.1055/s-0033-1345128

Alberga, A. S., Farnesi, B. C., Lafleche, A., Legault, L., & Komorowski, J. (2013). The effects of resistance exercise training on body composition and strength in obese prepubertal children. *The Physician and Sportsmedicine*, *41*(3), 103–109. https://doi.org/10.3810/psm.2013.09.2028

Alberga, A. S., Sigal, R. J., & Kenny, G. P. (2011). A review of resistance exercise training in obese adolescents. *The Physician and Sportsmedicine*, *39*(2), 50–63. https://doi.org/10.3810/psm.2011.05.1895

Antunes, Barbara de Moura M., Monteiro, P. A., Silveira, L. S., Cayres, S. U., Silva, C. B. da, & F. Júnior, I. F. (2013). Effect of concurrent training on risk factors and hepatic steatosis in obese adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, *31*(3), 371–376. https://doi.org/10.1590/s0103-05822013000300015

Antunes, Barbara de Moura Mello, Christofaro, D. G. D., Monteiro, P. A., Silveira, L. S., Fernandes, R. A., Mota, J., & Freitas Júnior, I. F. (2015). Effect of concurrent training on gender-specific biochemical variables and adiposity in obese adolescents. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, *59*(4), 303–309. https://doi.org/10.1590/2359-3997000000095

Appraisal, H., Activity, P., Fitness, P., Assess-, R., Populations, S., Boards, R., & Committee, E. (1975). A Preview of Acsm ' S Guidelines for Exercise Testing and Prescription ,. *Health (San Francisco)*, *13*(4), 23–26. https://doi.org/doi: 10.1249/FIT.0b013e3181aae1a0

Benson, A. C., Torode, M. E., & Fiatarone Singh, M. A. (2008). The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: A randomized controlled trial. *International Journal of Obesity*, *32*(6), 1016–1027. https://doi.org/10.1038/ijo.2008.5

Bharath, L. P., Choi, W. W., Cho, J. min, Skobodzinski, A. A., Wong, A., Sweeney, T. E.,

& Park, S. Y. (2018). Combined resistance and aerobic exercise training reduces insulin resistance and central adiposity in adolescent girls who are obese: randomized clinical trial. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(8), 1653–1660. https://doi.org/10.1007/s00421-018-3898-8

Bleich, S. N., Vercammen, K. A., Zatz, L. Y., Frelier, J. M., Ebbeling, C. B., & Peeters, A. (2018). Interventions to prevent global childhood overweight and obesity: a systematic review. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, *6*(4), 332–346. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30358-3

Borràs, P. A., & Ugarriza, L. (2013). Obesidad infantil: ¿nos estamos equivocando? Principales causas del problema y tendencias de investigación. *Apunts Medicina de l'Esport*, *48*(178), 63–68. https://doi.org/10.1016/j.apunts.2012.09.004

Bray, I., Slater, A., Lewis-Smith, H., Bird, E., & Sabey, A. (2018). Promoting positive body image and tackling overweight/obesity in children and adolescents: A combined health psychology and public health approach. *Preventive Medicine*, *116*(July), 219–221. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.08.011

Bruñó, A., Escobar, P., Cebolla, A., Álvarez-Pitti, J., Guixeres, J., Lurbe, E., Baños, R., & Lisón, J. F. (2018). Home-exercise Childhood Obesity Intervention: A Randomized Clinical Trial Comparing Print Versus Web-based (Move It) Platforms. *Journal of Pediatric Nursing*, *42*, e79–e84. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2018.04.008

Ceballos, J. J., Pérez, R., Flores, J. A., Vargas, J., Ortega, G., Madriz, R., & Hernández, A. (2018). Obesidad Una Pandemia Del Siglo 21. In *Revista de Sanidad militar* (Vol. 72, Issues 5–6, pp. 332–338). https://bit.ly/3sCVvR9

Chatham, R. E., & Mixer, S. J. (2020). Cultural Influences on Childhood Obesity in Ethnic Minorities: A Qualitative Systematic Review. *Journal of Transcultural Nursing*, *31*(1), 87–99. https://doi.org/10.1177/1043659619869428

Cholewa, J., Allo, S. A. G., Icenski, A. S. M., Orton, L. A. N., & Ampbell, B. I. L. L. I. C. (2018). *The Effects of Moderate- Versus High-Load Resistance Training on Muscle Growth, Body Composition, and Performance in Collegiate Women*. *32*(6), 1511–1524. https://doi.org/doi: 10.1519/JSC.0000000000002048

Collins, H., Booth, J. N., Duncan, A., & Fawkner, S. (2018). The effect of resistance training interventions on fundamental movement skills in youth: a meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, *5*(1). https://doi.org/10.1186/s40798-019-0188-x

Crouter, S. E., Salas, C., & Wiecha, J. (2017). Effects of an afterschool community center physical activity program on fitness and body composition in obese youth. *Journal of Sports Sciences*, *35*(11), 1034–1040. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1209305

Dâmaso, A. R., da Silveira Campos, R. M., Caranti, D. A., de Piano, A., Fisberg, M., Foschini, D., de Lima Sanches, P., Tock, L., Lederman, H. M., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2014). Aerobic plus resistance training was more effective in improving the visceral adiposity, metabolic profile and inflammatory markers than aerobic training in obese adolescents. *Journal of Sports Sciences*, *32*(15), 1435–1445. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.900692

Darmasseelane, K., Hyde, M. J., Santhakumaran, S., Gale, C., & Modi, N. (2014). Mode of delivery and offspring body mass index, overweight and obesity in adult life: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, *9*(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087896

Davis, J. N., Kelly, L. A., Lane, C. J., Ventura, E. E., Byrd-Williams, C. E., Alexandar, K. A., Azen, S. P., Chou, C. P., Spruijt-Metz, D., Weigensberg, M. J., Berhane, K., & Goran, M. I. (2009). Randomized control trial to improve adiposity and insulin resistance in overweight Latino adolescents. *Obesity*, *17*(8), 1542–1548. https://doi.org/10.1038/oby.2009.19

Davoudi-Kiakalayeh, A., Mohammadi, R., Pourfathollah, A. A., Siery, Z., & Davoudi-Kiakalayeh, S. (2017). Effects of Different Modes of Exercise Training on Body Composition and Risk Factors for Cardiovascular Disease in Middle-aged Men. *International Journal of Preventive Medicine*, *8*, 1–7. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM

De Piano, A., De Mello, M. T., Sanches, P. D. L., Da Silva, P. L., Campos, R. M. S., Carnier, J., Corgosinho, F., Foschini, D., Masquio, D. L., Tock, L., Oyama, L. M., Oller Do Nascimento, C. M. D. P., Tufik, S., & Dĝmaso, A. R. (2012). Long-term effects of

aerobic plus resistance training on the adipokines and neuropeptides in nonalcoholic fatty liver disease obese adolescents. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, *24*(11), 1313–1324. https://doi.org/10.1097/MEG.0b013e32835793ac

DeAngelo, L., Kalumuck, K. E., & Adlin, E. V. (2019). Obesity. In *Magill's Medical Guide (Online Edition)*.

Dias, I., Farinatti, P., De Souza, M. D. G. C., Manhanini, D. P., Balthazar, E., Dantas, D. L. S., De Andrade Pinto, E. H., Bouskela, E., & Kraemer-Aguiar, L. G. (2015). Effects of Resistance Training on Obese Adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *47*(12), 2636–2644. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000705

Dinyer, T. K., Byrd, M. T., Garver, M. J., Rickard, A. J., Miller, W. M., Burns, S., Clasey, J. L., & Bergstrom, H. C. (2019). Low-Load vs. High-Load Resistance Training to Failure on One Repetition Maximum Strength and Body Composition in Untrained Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(7), 1737–1744. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003194

Elly, C. H. M. K., Urnett, a N. F. B., & Ewton, M. I. J. N. (2005). Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *Strength And Conditioning*, *25*(9), 396–403.

Faigenbaum, A. D., & McFarland, J. E. (2016). Resistance training for kids: Right from the Start. *ACSM's Health and Fitness Journal*, *20*(5), 16–22. https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000236

Fernandez-Del-Valle, M., Short, M. J., Chung, E., McComb, J., Kloiber, S., Naclerio, F., & Larumbe-Zabala, E. (2018). Effects of high-intensity resistance training on circulating levels of irisin in healthy adults: A randomized controlled trial. *Asian Journal of Sports Medicine*, *9*(2). https://doi.org/10.5812/asjsm.13025

Fernhall, B. (2008). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In *The Young Athlete: Vol. XIII*. https://doi.org/10.1002/9780470696255.ch29

Fiorilli, G., Iuliano, E., Aquino, G., Campanella, E., Tsopani, D., Di Costanzo, A., Calcagno, G., & Di Cagno, A. (2017). Different consecutive training protocols to design an intervention program for overweight youth: A controlled study. *Diabetes, Metabolic*

Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, *10*, 37–45. https://doi.org/10.2147/DMSO.S122110

Foschini, D., Arajo, R. C., Bacurau, R. F. P., De Piano, A., De Almeida, S. S., Carnier, J., Rosa, T. D. S., De Mello, M. T., Tufik, S., & Dmaso, A. R. (2010). Treatment of obese adolescents: The influence of periodization models and ACE genotype. *Obesity*, *18*(4), 766–772. https://doi.org/10.1038/oby.2009.247

Fragoso, D., Mendoza, S., Ledezma, J., & Ceruelos, M. (2015). Demografía y Salud Pública en el Estado de Hidalgo, México. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, *4*(7). https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icsa.v4i7.847

Frölich, M., Pieter, A., Giessing, J., Markus, K., Strack, A., Folder, H., Sandig, D., Blischke, K., Emrich, E., Stening, J., & Schmidtbleicher, D. (2010). Entrenamiento de la fuerza de niños y adolescentes: Estado actual de la cuestión. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, *24*(1), 5–16. https://n9.cl/9h8g48

Goldfield, G. S., Kenny, G. P., Alberga, A. S., Tulloch, H. E., Doucette, S., Cameron, J. D., & Sigal, R. J. (2017). Effects of aerobic or resistance training or both on health-related quality of life in youth with obesity: The hearty trial. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *42*(4), 361–370. https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0386

Gregory, H., & Travis, T. (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition. Human kinetics*. https://n9.cl/hrxm0

Gregory, J. W. (2019). Prevention of Obesity and Metabolic Syndrome in Children. *Frontiers in Endocrinology*, *10*(October), 1–9. https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00669

Gro, M. E. S., Uigan, M. I. R. M. C. G., & Ettigrew, S. I. P. (2009). The effect of duration of resistance training interventions in children who are overweigth or obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(4), 16–18. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181910746

Gurnani, M., Birken, C., & Hamilton, J. (2015). Childhood Obesity: Causes, Consequences, and Management. *Pediatric Clinics of North America*, *62*(4), 821–840. https://doi.org/10.1016/j.pcl.2015.04.001

Han, J. C., Lawlor, D. A., & Kimm, S. Y. (2010). Childhood obesity. *The Lancet*, *375*(9727), 1737–1748. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60171-7

Horsak, B., Schwab, C., Baca, A., Greber-Platzer, S., Kreissl, A., Nehrer, S., Keilani, M., Crevenna, R., Kranzl, A., & Wondrasch, B. (2019). Effects of a lower extremity exercise program on gait biomechanics and clinical outcomes in children and adolescents with obesity: A randomized controlled trial. *Gait and Posture*, *70*(February), 122–129. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.02.032

Icheli, L. Y. L. E. J. M., Itka, M. I. K. E. N., & Owland, T. H. W. R. (2009). Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*, 60–79. https://doi.org/doi: 10.1519/JSC.0b013e31819df407

Inoue, D. S., De Mello, M. T., Foschini, D., Lira, F. S., De Piano Ganen, A., Da Silveira Campos, R. M., De Lima Sanches, P., Silva, P. L., Corgosinho, F. C., Rossi, F. E., Tufik, S., & Dâmaso, A. R. (2015). Linear and undulating periodized strength plus aerobic training promote similar benefits and lead to improvement of insulin resistance on obese adolescents. *Journal of Diabetes and Its Complications*, *29*(2), 258–264. https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2014.11.002

Instituto Nacional de Salud Pública, INEGI, & Secretaria de Salud. (2012). *ENSANUT 2012* (p. 200).

Instituto Nacional de Salud Pública, INEGI, & Secretaria de Salud. (2018). *Ensanut 2018*.

Jackson, A. W., Lee, D. C., Sui, X., Morrow, J. R., Church, T. S., Maslow, A. L., & Blair, S. N. (2010). Muscular strength is inversely related to prevalence and incidence of obesity in adult men. *Obesity*, *18*(10), 1988–1995. https://doi.org/10.1038/oby.2009.422

Kelly, L. A., Loza, A., Lin, X., Schroeder, E. T., Hughes, A., Kirk, A., & Knowles, A. M. (2015). The effect of a home-based strength training program on type 2 diabetes risk in obese Latino boys. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, *28*(3–4), 315–322. https://doi.org/10.1515/jpem-2014-0470

Klandorf, H., & Stark, S. (2019). Diabetes mellitus. In *Magill's Medical Guide (Online Edition)*.

Lloyd, R. S., Cscs, D., Faigenbaum, A. D., Cscs, D., Myer, G. D., Cscs, D., Michael, H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Cscs, D., Moody, J., & Edd, K. P. (2012). UKSCA Position Statement: Youth Resistance Training. *Prof Strength Cond*, *26*. file:///Users/diegomendezhernandez/Downloads/UKSCAPositionStatementFinal (1).pdf

Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(7), 498–505. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952

Löffler, M. C., Betz, M. J., Blondin, D. P., Augustin, R., Sharma, A. K., Tseng, Y. H., Scheele, C., Zimdahl, H., Mark, M., Hennige, A. M., Wolfrum, C., Langhans, W., Hamilton, B. S., & Neubauer, H. (2021). Challenges in tackling energy expenditure as obesity therapy: From preclinical models to clinical application. *Molecular Metabolism*, *51*(April), 1–15. https://doi.org/10.1016/j.molmet.2021.101237

Malo Serrano, M., Castillo M., N., & Pajita D., D. (2017). La obesidad en el mundo. *Anales de La Facultad de Medicina*, *78*(2), 67. https://doi.org/10.15381/anales.v78i2.13213

Mcguigan, M. R., Tatasciore, M., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2009). Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(1), 80–85. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181876a56

Mella Herrera, F. A. (2013). *Fuerza Muscular*. G-Se. https://g-se.com/fuerza-muscular-bp-657cfb26d5ce2b

Miguet, M., Fearnbach, N. S., Metz, L., Khammassi, M., Julian, V., Cardenoux, C., Pereira, B., Boirie, Y., Duclos, M., & Thivel, D. (2020). Effect of HIIT versus MICT on body composition and energy intake in dietary restrained and unrestrained adolescents with obesity. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *45*(4), 437-445. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0160

Monteiro, P. A., Chen, K. Y., Lira, F. S., Saraiva, B. T. C., Antunes, B. M. M., Campos, E. Z., & Freitas, I. F. (2015). Concurrent and aerobic exercise training promote similar benefits in body composition and metabolic profiles in obese adolescents. *Lipids in Health and Disease*, *14*(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s12944-015-0152-9

Moore, P. (2020). Cardio isn't enough. For a healthy heart, add resistance training. *The Washington Post.* https://n9.cl/klio%0A

Moradi, A., Damirchi, E. S., Narimani, M., Esmaeilzadeh, S., Dziembowska, I., Azevedo, L. B., & Do Prado, W. L. (2019). Association between physical and motor fitness with cognition in children. *Medicina (Lithuania)*, *55*(1), 1–11. https://doi.org/10.3390/medicina55010007

Morales Camacho, W. J., Molina Díaz, J. M., Plata Ortiz, S., Plata Ortiz, J. E., Morales Camacho, M. A., & Calderón, B. P. (2019). Childhood obesity: Aetiology, comorbidities, and treatment. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *35*(8). https://doi.org/10.1002/dmrr.3203

National Collaborating Centre for Methods and Tools. (2010). Quality assessment tool for quantitative studies. *Effective Public Health Practice Project. McMaster University, Toronto.*, *1998*, 1–4. http://www.ephpp.ca/index.html%5Cnhttp://www.ephpp.ca/PDF/Quality Assessment Tool_2010_2.pdf

Neufeld, J. A. (2014). ACTIVIDAD FÍSICA, EJERCICIO FÍSICO Y CONDICIÓN FÍSICA EN EL ÁMBITO DE LA SALUD PÚBLICA. *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*, *7*(3), 195–196. https://doi.org/10.3233/PRM-140298

Omposition, C., Isk, C. A. R., Enrique, B. R. H., Ranco, M. A. B., Arvalho, I. S. Z. A. C., & Arcia, H. U. G. (2018). Efefects of 2 types of resistance training models on obese adolescent´s body composition, cardiometabolic risk, and physical fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(9), 2672–2682. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002877

OMS. (2020). *Las 10 principales causas de defunción*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death

Pacífico, A. B., de Camargo, E. M., de Oliveira, V., Vagetti, G. C., Piola, T. S., & de Campos, W. (2018). Actividad Física: Estrategia De Promoción De La Salud. Hacia La Promoción de La Salud. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, *20*(6), 544–554. https://doi.org/10.5007/1980-0037.2018v20n6p544

Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Introduction to strength training at early age: A review. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, *9*(1), 41–49. https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.022

Pitton, P. M. (1992). *Prepubescent strength training: The effects of resistance training on strength gains in prepubescent children*. *14*(6), 55–57. https://bit.ly/3J7oKRK

Ramírez, E., Arias-rico, J., Cristina, R., Estrada-luna, D., Zafra-rojas, Q. Y., Ariza-ortega, J. A., Roc, O., Morales-castillejos, L., & Sandoval-gallegos, E. M. (2022). *Role of Bioactive Compounds in Obesity : Metabolic Mechanism Focused on Inflammation*. 1–23.

Ramsay, J. A., Blimkie, C., Smith, K., Garner, S., Macdougall, D., & Sale, D. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *22*(5), 25–27. https://doi.org/10.1249/00005768-199010000-00011

Rivera Dommarco, JA; Colchero, MA; Fuentes, ML; González de Cosío Martínez, T; Aguilar Salinas, CA; Hernández Licona, G; Barquera, S. (2018). *La obesidad en México. Estado de la política pública y recomendaciones para su prevención y control*. https://www.slaninternacional.org/publicaciones/docs/LaObesidadenMexico.pdf

Sagar, R., & Gupta, T. (2018). Psychological Aspects of Obesity in Children and Adolescents. *Indian Journal of Pediatrics*, *85*(7), 554–559. https://doi.org/10.1007/s12098-017-2539-2

Santos, L. C., Cherem, E. H., Azeredo, F. P., Neves, E. B., Oliveira, D. R., Novaes, G. S., Silva, A. J., & Novaes, J. S. (2018). Effects of different strength training programs in young males maximal strength and anthropometrics. *Motricidade*, *14*(October), 301–309. https://n9.cl/3mup0%0A

Schranz, N., Tomkinson, G., & Olds, T. (2013). What is the effect of resistance training on the strength, body composition and psychosocial status of overweight and obese

children and adolescents? a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *43*(9), 893–907. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0062-9

Secretaria de Finanzas Públicas, H. (2015). *F4 ficha de información básica del programa presupuestario*. 3–4.

Seo, Y. G., Lim, H., Kim, Y. M., Ju, Y. S., Choi, Y. J., Lee, H. J., Jang, H. B., Park, S. I., & Park, K. H. (2021). Effects of circuit training or a nutritional intervention on body mass index and other cardiometabolic outcomes in children and adolescents with overweight or obesity. *PLoS ONE*, *16*(1 January), 1–21. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245875

Serrano, J. A. (2018). La obesidad infantil y juvenil. *Quaderns de Polítiques Familiars*, *4*, 36–47. http://hdl.handle.net/20.500.12328/958

Shaibi, G. Q., Cruz, M. L., Ball, G. D. C., Weigensberg, M. J., Salem, G. J., Crespo, N. C., & Goran, M. I. (2006). Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *38*(7), 1208–1215. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227304.88406.0f

Sigal, R. J., Alberga, A. S., Goldfield, G. S., Prud'homme, D., Hadjiyannakis, S., Gougeon, R., Phillips, P., Tulloch, H., Malcolm, J., Doucette, S., Wells, G. A., Ma, J., & Kenny, G. P. (2014). Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: The healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, *168*(11), 1006–1014. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2014.1392

Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *44*(9), 1209–1223. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4

Stanhope, K. L., Goran, M. I., Bosy-Westphal, A., King, J. C., Schmidt, L. A., Schwarz, J. M., Stice, E., Sylvetsky, A. C., Turnbaugh, P. J., Bray, G. A., Gardner, C. D., Havel, P. J., Malik, V., Mason, A. E., Ravussin, E., Rosenbaum, M., Welsh, J. A., Allister-Price, C., Sigala, D. M., … Krauss, R. M. (2018). Pathways and mechanisms linking dietary

components to cardiometabolic disease: thinking beyond calories. *Obesity Reviews*, *19*(9), 1205–1235. https://doi.org/10.1111/obr.12699

Statista. (2019). *Número de fallecimientos registrados en el estado mexicano de Hidalgo en 2019, según las principales causas de mortalidad*. https://n9.cl/m0apy

Strasser, B., & Schobersberger, W. (2011). Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity. *Journal of Obesity*, *2011*. https://doi.org/10.1155/2011/482564

Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., & McCambridge, T. M. (2020). Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics*, *145*(6). https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011

Thivierge, B. (2021). Public health. *Salem Press Encyclopedia of Health.* https://n9.cl/5ddla

Turnock, B. (2008). *Public Health: What It Is and How It Works*.

US Department of Health and Human Services. (2000). *Healthy people 2010: Understanding and improving health.* https://n9.cl/3hszl

US Department of Health and Human Services. (2010). Healthy People 2010. *Office of Disease Prevention and Health Promotion*. http://www/health/gov/healthypeople/

Vásquez, F., Díaz, E., Lera, L., Meza, J., Salas, I., Rojas, P., Atalah, E., & Burrows, R. (2013). Efecto residual del ejercicio de fuerza muscular en la prevención secundaria de la obesidad infantil. *Nutricion Hospitalaria*, *28*(2), 333–339. https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6159

Vechetti, I. J., Peck, B. D., Wen, Y., Walton, R. G., Valentino, T. R., Alimov, A. P., Dungan, C. M., Van Pelt, D. W., von Walden, F., Alkner, B., Peterson, C. A., & McCarthy, J. J. (2021). Mechanical overload-induced muscle-derived extracellular vesicles promote adipose tissue lipolysis. *FASEB Journal*, *35*(6), 1–18. https://doi.org/10.1096/fj.202100242R

Vechetti, I. J., Valentino, T., Mobley, C. B., & McCarthy, J. J. (2021). The role of extracellular vesicles in skeletal muscle and systematic adaptation to exercise. *Journal of Physiology*, *599*(3), 845–861. https://doi.org/10.1113/JP278929

Yuksel, H. S., Şahin, F. N., Maksimovic, N., Drid, P., & Bianco, A. (2020). School-based intervention programs for preventing obesity and promoting physical activity and

fitness: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(1). https://doi.org/10.3390/ijerph17010347

XV ANEXOS

Dictamen del Comité de ética e investigación

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias de la Salud
School of Medical Sciences
Coordinación de Investigación
Area of Research

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo a 09 de junio de 2021
Oficio Comiteei.icsa 7/2021
Asunto: DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA E INVESTIGACIÓN.

LUIS DIEGO MENDEZ HERNANDEZ
Investigador Principal
Correo electrónico mendezdiego899@gmail.com
PRESENTE

Titulo del Proyecto: Evaluación de efecto del entrenamiento de fuerza muscular en la reducción de obesidad en niños de 11 a 14 años de Pachuca, Hidalgo durante 2021.

Le informamos que su proyecto de referencia ha sido evaluado por el Comité de Ética e Investigación del Instituto de Ciencias de la Salud y las opiniones acerca de los documentos presentados se encuentran a continuación:

Decisión
Aprobado con modificaciones

Este protocolo tiene vigencia del 09 de junio del 2021 al 08 de junio del 2022.

En caso de requerir una ampliación, le rogamos tenga en cuenta que deberá enviar al Comité un reporte de progreso de avance de su proyecto al menos 60 días antes de la fecha de término de su vigencia.

Le rogamos atender las indicaciones realizadas por el revisor, y enviar nuevamente una versión corregida de su protocolo para una nueva evaluación.

Atentamente

Dra. María del Refugio Acuña Gurrola
Presidenta del Comité

Para la validación de este documento, informe el siguiente código en la sección Validador de documentos del sitio web del Comité de Ética e Investigación del Instituto de Ciencias de la Salud: [illegible]

Circuito ex-Hacienda La Concepción s/n
Carretera Pachuca Actopan, San Agustín
Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P. 42160
Teléfono: 53 (771) 71 720 00 Ext. 4306
investigacion_icsa@uaeh.edu.mx

www.uaeh.edu.mx

children

MDPI

Systematic Review

Effects of Strength Training on Body Fat in Children and Adolescents with Overweight and Obesity: A Systematic Review with Meta-Analysis

Luis Diego Méndez-Hernández [1], Esther Ramírez-Moreno [2], Rosario Barrera-Gálvez [3], María del Consuelo Cabrera-Morales [1], Josefina Reynoso-Vázquez [4], Olga Rocío Flores-Chávez [3], Lizbeth Morales-Castillejos [3], Nelly del Socorro Cruz-Cansino [2], Reyna Cristina Jiménez-Sánchez [3] and José Arias-Rico [3,*]

[1] Health Public Master, Academic Area of Medicine, Dr. Eliseo Ramirez Ulloa 4000, Pachuca 42090, Hidalgo, Mexico; me450805@uaeh.edu.mx (L.D.M.-H.); maria_cabrera10370@uaeh.edu.mx (M.d.C.C.-M.)

[2] Academic Area of Nutrition, Interdisciplinary Research Center, Circuit Actopan Tilcuautla s/n. Ex Hacienda La Concepción, Pachuca 42160, Hidalgo, Mexico; esther_ramirez@uaeh.edu.mx (E.R.-M.); ncruz@uaeh.edu.mx (N.d.S.C.-C.)

[3] Academic Area of Nursing, Institute of Health Sciences, Circuit Actopan Tilcuautla s/n. Ex Hacienda La Concepción, Pachuca 42160, Hidalgo, Mexico; rosario_barrera@uaeh.edu.mx (R.B.-G.); ofloresc@uaeh.edu.mx (O.R.F.-C.); lizbeth_morales@uaeh.edu.mx (L.M.-C.); cristyji@hotmail.com (R.C.J.-S.)

[4] Academic Area of Farmacy, Interdisciplinary Research Center Institute of Health Sciences, Circuit Actopan Tilcuautla s/n. Ex Hacienda La Concepción, Pachuca 42160, Hidalgo, Mexico; jreynoso@uaeh.edu.mx

* Correspondence: jose_arias@uaeh.edu.mx; Tel.: 77-1717-2000 (ext. 4323)

Abstract: Childhood overweight and obesity represent a growing public health problem worldwide. Since the 1980s, the global prevalence of overweight and obesity in childhood and adolescence has increased by 47%. The promotion of exercise is an important intervention to reduce the physical damage of obesity. The meta-analysis was conducted in accordance with the general guidelines for the reporting of systematic reviews and meta-analyses (PRISMA). The PubMed, SciELO, ScienceDirect and Google Scholar databases were searched from August to December 2021. The search yielded 722 titles published between 2000 and 2021. After screening the titles and abstracts, 64 duplicate articles were detected, and 27 articles were ultimately included in the systematic review, including 26 articles published in English and one published in Spanish. There was a statistically significant effect of the strength training interventions on the percentage of body fat, Test of 0 i = (p = 0.00, z = 6.92), Test of 0 = (p = 0.00, Q (9) = 42.63). The findings reveal that strength training has a positive impact on the treatment of body fat in children and adolescents with overweight and obesity.

Keywords: childhood obesity; strength training; body fat

check for updates

Citation: Méndez-Hernández, L.D.; Ramírez-Moreno, E.; Barrera-Gálvez, R.; Cabrera-Morales, M.d.C.; Reynoso-Vázquez, J.; Flores-Chávez, O.R.; Morales-Castillejos, L.; Cruz-Cansino, N.d.S.; Jiménez-Sánchez, R.C.; Arias-Rico, J. Effects of Strength Training on Body Fat in Children and Adolescents with Overweight and Obesity: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Children* **2022**, *9*, 995. https://doi.org/10.3390/children9070995

Academic Editors: Miguel Angel Tapia Serrano and Pedro Antonio Sánchez-Miguel

Received: 25 April 2022
Accepted: 25 June 2022
Published: 1 July 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

Childhood overweight and obesity is a global public health problem [1]. It is defined as a condition in which the body carries excessive and unhealthy amounts of body fat, which causes the individual to weigh more than their ideal weight [2]. This complex and multifactorial disease can begin in childhood and may be caused by a genetic-environmental interaction [3].

An imbalance between the energy expended (exercise) and the energy ingested (food) could lead to overweight and obesity. When food intake regularly exceeds calorie expenditure, unused energy is stored in adipose tissue or body fat [4]. Most people who eat and drink more than they use energy will produce adipose tissue to store excess energy [5]. There are many children who have a normal BMI but have a high percentage of body fat

and low muscle mass. The promotion of exercise is an important intervention to reduce the physical damage of obesity [6,7].

Since the 1980s, the global prevalence of overweight and obesity in childhood and adolescence has increased by 47%. This trend has been observed in developed countries (where 24% of boys and 23% of girls are overweight or obese) and developing countries (where 13% of boys and girls are overweight or obese). Although the prevalence of childhood overweight and obesity in developed countries may have begun to stabilize, it continues to increase in developing countries, while socioeconomic inequalities in the prevalence of overweight and obesity persist or are expanding in many populations [1].

Childhood obesity has many harmful effects and comorbidities (i.e., associated diseases and disorders) that frequently produce a metabolic syndrome that greatly increases the risk of the individual remaining in an obesogenic state in adolescence and adulthood; 50% of the children who are obese at 6 years remain obese throughout adulthood, and 80% of the children who are obese in adolescence remain obese throughout adulthood [8]. Obesity has serious effects on life expectancy and quality of life, including hyperinsulinemia (high insulin levels), hypertension (high blood pressure) and dyslipidemia (abnormal lipid levels), which can cause heart disease, diabetes, cancer, hypertension and kidney diseases [9].

Strength Training (ST) is a term used to denote a component of sport and physical training that is designed to improve muscle strength, muscle power and muscular endurance, with a wide range of resistive loads, from body weight to weight [10,11]. This type of program can include the use of free weights (bars and dumbbells), weight machines, medicine balls, kettlebells, elastic tubes or a person's own body weight [12,13].

In the past, strength training was not advisable before the end of sexual maturation due to the lack of hormonal status, especially of testosterone, typical of children and adolescents. It was suspected that strength training caused a negative effect on growth and bone maturation, consequently increasing the predisposition to trauma, especially with respect to the epiphyses, growth cartilages, bones, and bone connective tissue [11,13].

Before puberty and after the age of 70, strength training is not useful from physiological perspective [12]. It is currently possible to verify that the human organism is trainable throughout the life period, although this possibility of training is subject to notable changes that depend on the individual development phase [14].

A meta-analysis conducted in 2018 analyzed the effects of strength training on weight status in children and adolescents with normal weight, overweight and obesity across 24 randomized controlled trials [15]. After examining body mass (kg), BMI, body fat (%), lean mass (kg), skinfolds (mm) and waist circumference (cm), the analysis revealed a significant effect of Strength Training (ST) on body fat, fat-free mass, fat mass and waist circumference but no significant overall effect on body mass and BMI. These findings indicate that ST could play a role in the treatment and prevention of obesity.

However, another meta-analysis conducted in 2013 [16] identified that strength training in children and adolescents with overweight and obesity seems to have very small-to-small effects on body composition and moderate-to-large effects on strength.

The benefits of ST in children and adolescents have been documented, and organizations such as NSCA, UKSCA and AAP (American Academy of Pediatrics) have developed statements in a position of support [10,17,18]. One of these benefits is the positive effect of ST on weight status by reducing body fat, increasing muscle mass and improving the function of nonskeletal muscle tissues; however, the underlying molecular mechanisms of these beneficial effects are largely unknown [19].

Most research on the benefits of exercise on adipose tissue has focused on aerobic exercise [19]. Thus, there is a lack of information on the systemic benefits for body composition of strength exercise beyond improvements in muscle function.

The objective of this study was to perform a systematic meta-analysis to determine the effect of strength training on body fat in children and/or adolescents with overweight or obesity.

2. Materials and Methods

2.1. Study Search and Selection Strategies

The present meta-analysis was performed in accordance with the general guidelines for the reporting of systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) See Figure 1. The PubMed, SciELO, ScienceDirect and Google Scholar databases were systematically searched from August to December 2021. The registration protocol was carried out in the Open Science Framework with the registration number 10.17605/OSF.IO/MNCNBI.

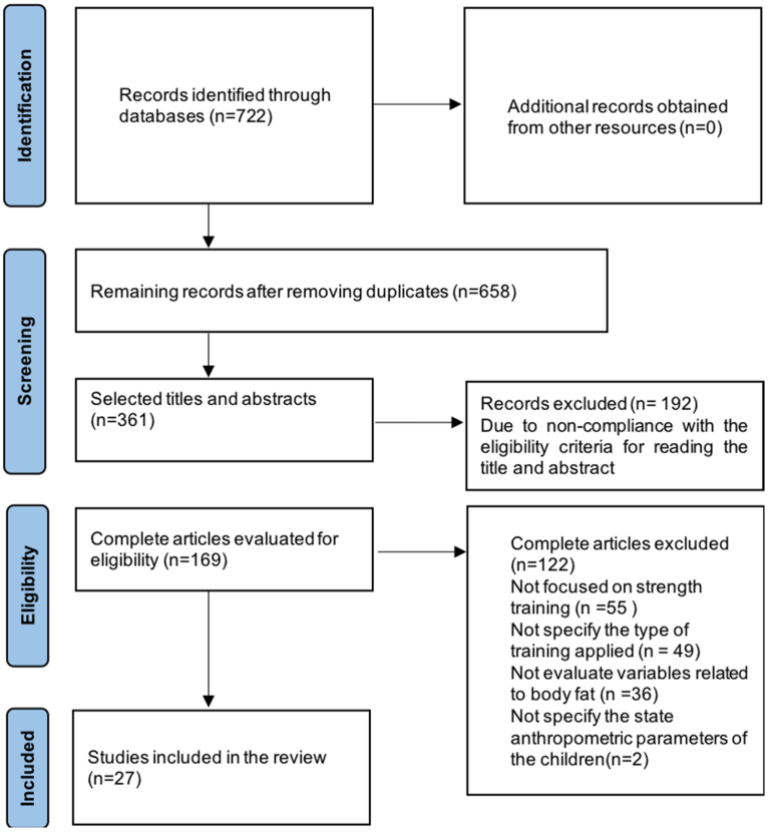


Figure 1. PRISMA flowchart of systematic search and included studies.

The following keywords were used in English and Spanish. Target population: Youth, youth, child, adolescent, puberty, boys, girls; Strength training: resistance training, muscle strength training, muscle strength program, muscle strength intervention, muscle strength exercise, weight training, strength and conditioning, concurrent training; Weight status: obese, overweight, body composition, waist circumference, fat, body mass, weight, skin fold.

For studies that did not provide access to the complete document or studies that lacked the necessary descriptive statistics, the authors were contacted via email.

2.2. Inclusion and Exclusion Criteria

The inclusion criteria were as follows: (I) participants were aged between 5 and 19 years, (II) body fat was analyzed, (III) randomized controlled trials, (IV) a muscle strength training was implemented and (V) original publications in English or Spanish published from 2000 to 2021.

The exclusion criteria were as follows: (I) the subjects had a pathological condition or disability that affected movement (e.g., cerebral palsy/dyspraxia), (II) the subjects were found to have a behavioral or neuropsychological condition and (III) plyometric, vibratory or neuromuscular training was used, or training specifically for rehabilitation purposes was implemented.

2.3. Data Extraction

The data were extracted using an electronic form and included study characteristics (country, year of publication, sample), characteristics of the participants (age, nutritional status), components of the intervention (duration, type of training), outcome measures (body fat, BMI, waist circumference) and methodological quality. The study was carried out by two researchers, they evaluated the selection of titles and abstracts. Following that, full articles will use the inclusion and exclusion criteria. No automated tools were used in the process.

2.4. Evaluation of Methodological Quality and Risk of Bias

To evaluate the methodological quality and the risk of bias of the included studies, the "Quality assessment tool for quantitative studies" developed by the public health practice project was used [20]. The results of the evaluation led to a general methodological rating of strong, moderate or weak in eight sections: selection bias, study design, confounding factors, blinding, data, collection methods, elimination and dropouts, originality of the treatment and analysis. This evaluation tool has been proven to be valid and reliable. To verify the reliability, this evaluation was carried out in 100% of the included studies, and any disagreement was resolved by discussion between the two authors.

2.5. Data Analysis

The reference data were expressed as numbers, proportions, averages and standard deviations. The meta-analysis was performed with the statistical package Stata/IC14.2 (Texas, USA), and a random effects model was used to examine the decrease or increase in percentage of body fat with 95% confidence intervals (CI). The T 2, H 2 and I 2 statistics were used to evaluate the heterogeneity of the studies; heterogeneity was not determined between the studies if I 2 was less than 50%, and an I 2 value equal to or greater than 50% indicated heterogeneity. A value of H2 equal to 1 means that there is no heterogeneity, and its value increases when heterogeneity between studies increases. To identify publication bias, the effect sample sizes were plotted against standard errors.

3. Results

3.1. Search Results

A total of 722 articles were identified from the PubMed, Science Direct, Scopus, SciELO and Google Scholar databases. In the screening phase, duplicates were eliminated, and the studies were filtered by screening the titles, abstracts and keywords, resulting in 361 references. A total of 169 studies were subjected to full-text analysis, with 55 studies being excluded because they were not focused on strength training, 49 being excluded because they did not specify the type of training applied, 36 being excluded because they did not evaluate variables related to body fat, and 2 being excluded because they did not specify the state anthropometric parameters of the children. Twenty-eight studies met the selection criteria [21–48].

3.2. Characteristics of the Studies

Across the 28 included articles, 1834 children and adolescents with overweight or obesity were analyzed, with an average age (years) of 12.5 ± 2.6 (min: 6 max: 19). The average duration (weeks) was 12 ±. 7.3, the average frequency (weekly) was of 3 ± 1.1 days, the average duration (minutes) of 60 ± 10.1 per session, and the average sets per exercise was 3 ± 1.3 with an average of repetitions per exercise of 12 ± 6.6. The studies were conducted in 12 countries: Brazil (10 studies), the United States (4 studies), Australia (3 studies), Canada (2 studies), France (2 studies), Chile (1 study), China (1 study), South Korea (1 study), Spain (1 study), Germany (1 study), Italy (1 study) and Austria (1 study). After the interventions in 92% of the studies, body fat was reduced, the remaining 8% did not present significant results, and the average attendance rate for the studies that measured this variable was 75%. For the studies that provided information, 15% presented a low intensity <50% maximum repetition (MR), 35% medium intensity 50–75% MR, and 50% a high intensity >75%.

3.3. Results of Methodological Quality

The Table 1 show the results of the methodological quality assessment, where the studies obtained a moderate score of 60.7%, a strong score of 35.7% and a weak score of 3.6%.

Table 1. Quality assessment for quantitative studies.

Folio	Study	Country	Sample	Age	Nutritional Status	Duration	Type of Training	Outcome Measures	Methodological Quality
1	Seo, Y. G et al., 2021 [21]	South Korea	A quasi-experimental intervention trial including 242 participants. Participants were categorized into three groups to receive usual care (usual care group), exercise intervention with circuit training (exercise group) or intensive nutritional intervention and feedback with a balanced diet (nutritional group).	Between 6 and 17 years. Average age: 11	Overweight and obesity	Phases 1, 2, 3 and 4 correspond to the intensive intervention (for 6 months), group activity (for 6 months), reinforcement (for 3 months) and group activity (for 9 months), respectively. The intervention lasted for 24 weeks, 3 days a week for 60 min per session (one group exercise session and two home exercise sessions) (72 sessions in total)	(RT) Full body, plus aerobic exercise (home exercises)	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	3
2	Miguet, M. et al., 2020 [22]	France	A total of 43 adolescents were divided into two groups: MICT (n = 21) or HIIT (n = 22).	Between 11 and 15 years. Average age: 13	Obesity	The intervention lasted 16 weeks: 4 sessions per week, nutritional education (2/month) and psychological support (1/month) (64 sessions in total).	Aerobic: HIIT and MICT plus (RT) Whole body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	2
3	B. Horsak et al., 2019 [23]	Austria	A total of 51 children and adolescents divided into 2 groups (experimental group = 26/control Group n = 25).	Between 10 and 18 years. Average age: 13	Obesity	The intervention lasted 12 weeks: 2 sessions per week, duration 60 min each session (24 sessions in total).	(RT) Lower body	Body fat (%), fat-free mass (kg)	2
4	Branco, B. H. M, et al., 2018 [24]	Brazil	A total of 18 adolescent males divided into 2 groups (Weightlifting = 9/ functional training = 9)	Between 15 and 17 years. Average age: 16	Obesity	The intervention lasted 12 weeks. From 1 to 6 weeks: 3 sessions per week, duration 46 min each session. From 7 to 12 weeks: 3 sessions per week, 52 min each session (36 sessions in total).	(RT) Whole body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, WC, WC	1

Table 1. *Cont.*

Folio	Study	Country	Sample	Age	Nutritional Status	Duration	Type of Training	Outcome Measures	Methodological Quality
5	Bharath, L et al., 2018 [25]	Germany	A total of 40 adolescents were randomly assigned to a group of exercise training (EX; *n* = 20) or without exercise (CON; *n* = 20).	Average 14	Obesity	The CRAE program was performed for 60 min, 5 times a week for 12 weeks. (60 sessions in total)	(RT) Whole body plus aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, WC.	2
6	Bruñó, A et al., 2018 [26]	Spain.	A total of 52 participants were randomly assigned to a print (*n* = 18), web-based (Move It; *n* = 18) or Move It plus support group (*n* = 16).	Between 9 and 16 years. Average age: 12	Obesity	The intervention included 60 sessions distributed over 12 weeks, with five weekly sessions of 60 min each.	(RT) Full body, plus aerobic exercise (home exercises)	Body fat (%).	3
7	Fiorilli, G et al., 2017 [27]	Italy	A total of 41 overweight adolescents were randomly divided into three exercise groups: in the first phase, the first group performed a 16-week moderate-intensity strength training (RT), the second group performed a 16-week high-intensity RT, and the third group performed aerobic training (AT) for 16 weeks. In the second phase, all groups performed aerobic exercise for 6 weeks.	Between 12 and 15 years.	Obesity	The intervention lasted 22 weeks: 3 weekly sessions, 40 min per session.	(RT) Medium intensity and high intensity full body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, WC.	2
8	Rey, O et al., 2017 [28]	France	A total of 24 remaining participants (14 girls and 10 boys).	Between 14 and 15 years.	Obesity	The intervention lasted 5 weeks: 3 sessions per week, 45 min sessions.	Vigorous aerobic training	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	2
9	Crouter, S. et al., 2016 [29]	United States	A total of 30 participants.	Between 7 and 18 years. Average age: 11	Obesity	The intervention lasted 24 weeks: 4 times a week for a duration of 90 min. It included aerobic, strength and self-organized exercises.	(RT) Whole body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	2
10	Dias, I, et al., 2015 [30]	Brazil	A total of 24 adolescent women with obesity composed the experimental group. The control group included 20 adolescents without obesity.	Between 13 and 17 years. Average 14	Obesity	The intervention lasted 12 weeks: 3 sessions per week on nonconsecutive days, duration of 30–40 min each session (36 sessions in total).	(RT) Whole body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI	2
11	Kelly, L. A, et al., 2015 [31]	United States	A total of 26 Latino adolescents, randomly assigned to a strength training group (*n* = 13) or a control group (*n* = 13).	Between 14 and 18 years. Average 15	Obesity	The intervention lasted 16 weeks, 2 weekly sessions, duration of 1 h post-session (32 sessions in total).	(RT) Whole body The HBST intervention was performed in the homes of the participants.	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI	2
12	Monteiro, P et al., 2015 [32]	Brazil	A total of 32 adolescents with obesity participated in two randomized training groups, concurrent (*n* = 14) or aerobic (*n* = 18), and were compared with a control group of (*n* = 16).	Between 11 and 17 years. Average age: 11	Obesity	The intervention lasted 20 weeks (50 min x 3 per week, supervised).	Concurrent training and aerobic training	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, WC.	2
13	Antunes, B et al., 2015 [33]	Brazil	A total of 25 adolescents with obesity.	Between 12 and 15 years. Average age: 13	Obesity	The intervention lasted 20 weeks, 3 times a week, with a duration of 60 min per session.	Concurrent training	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, TG, CL, SBP, DBP.	2

Table 1. *Cont.*

Folio	Study	Country	Sample	Age	Nutritional Status	Duration	Type of Training	Outcome Measures	Methodological Quality
14	Inoue, D et al., 2015 [34]	Brazil	A total of 45 adolescents were randomly assigned to three groups: aerobic training (EA n = 20), aerobic training plus strength with linear periodization (LP n = 13) and aerobic training plus strength training with daily undulating periodization (DUP n = 12).	Between 15 and 18 years. Average age: 16	Obesity	The intervention lasted 26 weeks: 3 times a week, with 60-min sessions.	Aerobic training, (RT) with linear periodization and (RT) with daily undulating periodization.	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, TG, CL.	2
15	Dâmaso, A et al., 2014 [35]	Brazil	A total of 116 adolescents were randomly assigned into two groups: AT (n = 55), AT + RT (n = 61). 82 girls and 57 boys	Between 15 and 19 years. Average age: 16	Obesity	The intervention lasted 52 weeks (1 year): three times a week, including 60 min per session. (30 min of AT and 30 min of strength training).	(RT) Whole body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, Glc, Ins, HOMA-IR, TG, Leptin, Adiponectin.	3
16	Ackel-D'Elia et al., 2014 [36]	Brazil	A total of 72 adolescents, 50 girls and 22 boys The subjects were randomized into 3 groups: 1) aerobic training plus resistance (AT + RT: n = 24; 9 boys and 15 girls); 2) aerobic training (AT: n = 24; 7 boys and 17 girls) and 3) leisure physical activity (LPA: n = 24; 6 boys and 18 girls).	Between 15 and 19 years. Average age:	Obesity	The intervention lasted 24 weeks: 60 min per session and performed 3 times per week.	(RT) Whole body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, Glc, Ins, HOMA-IR, Leptin.	3
17	Sigal et al., 2014 [37]	Canada	A total of 304 participants were randomized to the following 4 groups for 22 weeks: aerobic training (n = 75), strength training (n = 78), combined aerobic and resistance training (n = 75) or control without exercise (n = 76).	Between 14 and 18 years. Average age: 15	Obesity	The intervention lasted 24 weeks: 4 days a week, 50 min per session.	(RT) Whole body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, WC, SBP, DBP, Glc, Ins, CL, TG.	3
18	Vásquez, F, et al., 2013 [38]	Chile	A total of 111 children were included. Early intervention group = 60 executed in parallel physical exercise of muscular strength, food education and psychological support for 3 months. Late intervention group = 51 incorporated the first 3 months, only educational intervention and psychological support, and exercise was added between 3 and 6 months.	Between 8 and 13 years.	Obesity	The intervention lasted three months (12 weeks): three times a week on nonconsecutive days, with a duration of 45 min (36 sessions in total).	(RT) Whole body	BMI, fat mass	3
19	Alberga, A. S, et al., 2013 [39]	Canada	A total of 19 children divided into 2 groups (moderate intensity strength exercises and high repetition (n = 12) and control group without intervention (n = 7).	Between 8 and 12 years. Average age: 10	Obesity	The intervention lasted 12 weeks: 2 sessions per week, duration of 75 min per session (24 in total).	(RT) Whole body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	2
20	Antunes et al., 2013 [40]	Brazil	A total of 34 adolescents with obesity, including 12 girls and 22 boys in a single training group	Between 12 and 15 years. Average age: 13	Obesity	The intervention lasted 20 weeks: 3 times a week, with a duration of 60 min per session.	(RT) Whole body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, TG, CL.	2
21	De Piano et al., 2012 [41]	Brazil	A total of 58 adolescents (37 boys 32 girls) divided into two groups Aerobic (AT) n = 29, and Aerobic plus strength (AE + RT) n = 29.	Between 15 and 19 years. Average age: 16	Obesity	The intervention lasted 52 weeks: 3 times per week, 60 min per session.	(RT) Whole body and aerobic exercise	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, HOMA-IR, CL, TG, Adiponectin, Leptin.	3

Table 1. *Cont.*

Folio	Study	Country	Sample	Age	Nutritional Status	Duration	Type of Training	Outcome Measures	Methodological Quality
22	Foschini et al., 2010 [42]	Brazil	A total of 32 adolescents with obesity divided into two groups: linear periodization (LP) (n = 16) and daily undulating periodization (DUP) (n = 16).	Average age: 16 years	Obesity	The intervention lasted 14 weeks: three weekly sessions, 60 min per session.	(RT) Whole body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, Glc, Ins, HOMA-IR, CL, SBP, DBP.	2
23	Mc Guigan, M, et al., 2009 [43]	Australia	A total of 48 overweight and obese children (n = 26 girls and 22 boys; mean age = 9.7 years).	Between 7 and 12 years. Average age: 9	Overweight and obesity	The intervention lasted 8 weeks:, 3 weekly sessions (24 sessions in total).	(RT) Wavy periodized full body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	2
24	Davis, J. N, et al., 2009 [44]	United States	A total of 54 overweight Latino adolescents (15.5 ± 1.0 years) were randomly assigned to: (i) Control (C; n = 16), (ii) Nutrition (N; n = 21), or (iii) Nutrition + Strength training. (N + ST; n = 17).	Between 14 and 18 years. Average age: 15	Overweight	In a 16-week randomized trial, 2 sessions per week on two nonconsecutive days (32 sessions in total), lasting 60 min each session.	(RT) Whole body	Total fat (kg), fat-free mass (kg), BMI.	3
25	Sgro, M et al., 2009 [45]	Australia	A total of 31 preadolescent children with overweight or obesity, divided into 3 groups. Group 8 (G8) trained for 8 weeks, Group 16 (G16) trained for 16 weeks, and Group 24 (G24) trained for 24 weeks.	Between 7 and 12 years. Average age: 9 years	Overweight and Obesity	Longitudinal design of 8, 16 and 24 weeks with 3 weekly sessions, between 45 and 60 min per session.	(RT) Full body with a combination of different power exercises and body weight with undulating variation (progressive)	Body fat (%), fat-free mass (kg).	2
26	Benson, A. C et al., 2008 [46]	Australia	A total of 78 children (32 girls and 46 boys). Divided into 2 groups: PRT intervention (37) and Control (41).	Average age: 12 years	Normal weight, Overweight and Obesity	The PRT group trained twice a week for 8 weeks (16 sessions in total).	(RT) Whole body	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI, WC.	3
27	Shaibi, G et al., 2006 [47]	United States	A total of 22 Latino adolescents were randomly assigned to a training group (RT = 11) or a control group without exercise (C = 11).	Average age: 15 years	Obesity	The intervention lasted 16 weeks: 2 weekly sessions of no more than 60 min (32 sessions in total).	(RT) Full body periodized and progressive in nature with an increase in the number of sets, repetitions and resistance used	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	2
28	YU, C et al., 2005 [48]	China	A total of 82 children from the Hong Kong school, divided into 2 groups (strength training with diet) or in the control group (diet only) (n 41 each).	Between 8 and 11 years. Average age: 10	Overweight and obesity	The training group attended a 75-min strength exercise program 3 times a week for 6 weeks (phase 1, 18 in total), after which it was offered and 22 children chose to continue with a program once per week for 28 more weeks with one session per week (phase 2, 46 sessions in total).	(RT) Complete body, in circuit	Body fat (%), fat-free mass (kg), BMI.	3

3.4. Results of the Meta-Analysis

Ten studies reported the necessary statistics to construct the forest plot and funnel plot [21,25,31,32,37,39,44,46–48]. Using the random effects model, the results of the percentage of body fat were compared after the interventions with 95% CIs. The results of the meta-analysis revealed that ST is an effective intervention for the treatment of body fat (p = 0.00, z = 6.92), (p = 0.00, Q (9) = 42.63). The heterogeneity parameters of T 2 = 1.69, H 2 = 3.56 and I 2 = 71.94% indicated significant heterogeneity. See Figures 2 and 3.

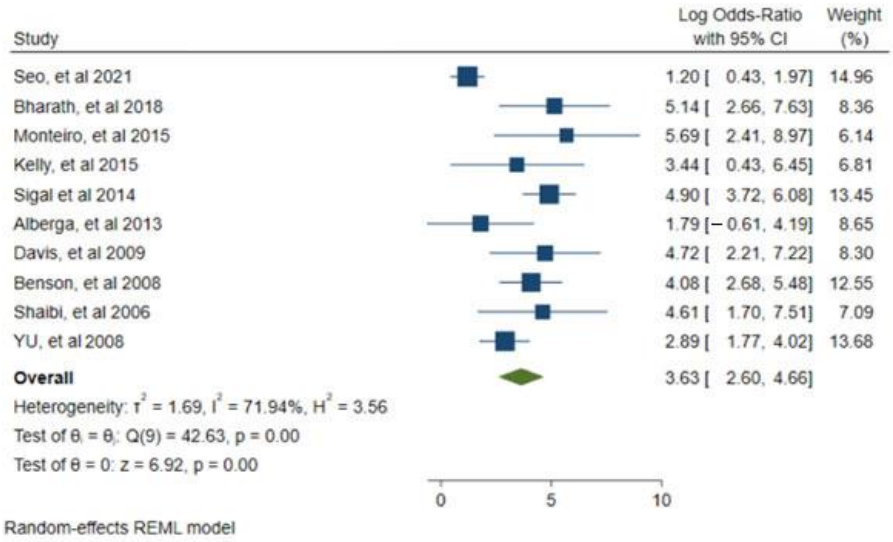


Figure 2. Forest plot of the random effects model for the meta-analysis between the correlation of reduction or increase in percentage of body fat. Data from: [21,25,31,32,37,39,44,46–48].

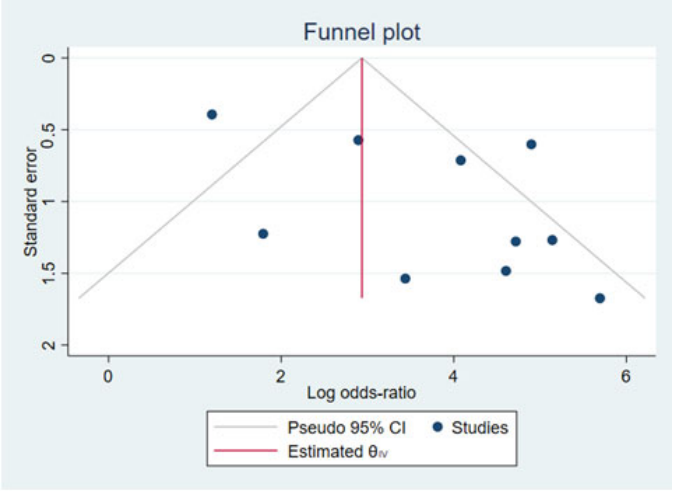


Figure 3. Funnel plot using sample sizes of the effect against standard errors Data from: [25,31,32,37,44,46,47,49].

3.5. Subgroup Analysis

In an attempt to determine the causes of heterogeneity in our analysis, subgroup analyzes were performed according to the intensity of the studies (A: High and medium intensities >51% MR, B: Low intensities <50% MR). See Figure 4.

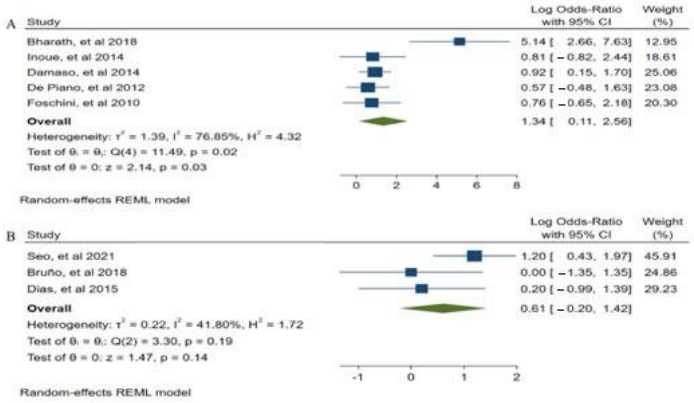


Figure 4. Subgroup analysis ((**A**): High and medium intensities > 51% MR, (**B**): Low intensities < 50% MR) Data from: [21,25,26,30,34,35,41,42].

(A) Five studies were used to construct medium and high intensity subgroup analyzes [25,34,36,41,42], showing that medium and high intensity ST could be an effective intervention for the treatment of body fat loss ($p = 0.03$, $z = 2.14$), ($p = 0.02$, Q (4) = 11.49). (B). Therefore, the studies to construct low intensity subgroup [21,26,30], were not statistically significant for the treatment of body fat ($p = 0.14$, $z = 1.47$), ($p = 0.19$, Q (2) = 3.30).

4. Discussion

According with the position statements of the American Academy of Pediatrics [10], UKSCA [17] and NSCA [18] on youth strength training suggest that it can have a positive impact on body fat, and the significant findings of this meta-analysis for body fat percentage are conclusive, supporting these claims. Regardless of dietary restrictions [50], being more effective at training in the gym [22,24,35,41,42] than home workouts [26,31]. Strength training showed a statistically significant effect on body fat percentage. Although this decrease in fat is expected, it is necessary to investigate in-depth studies considering the individual response to the intensity of strength training.

The training intensities that presented the best benefits for the reduction of body fat were high and medium [22,24,34,42,45], a possible cause may be that these intensities are close to muscle failure > 5 repetitions in reserve, this has been shown to be favorable [14], additionally if it is added to an adequate diet [22,37,51] these results are increased.

In the funnel plot (Figure 3), an asymmetry can be observed, which indicates publication bias. A possible cause is that due to the very specific research topic, there are a limited number of relevant studies; likewise, the existing studies have low sample sizes because the inclusion criteria are only children or adolescents with overweight or obesity.

It has been suggested that training periods of more than 14 weeks are required to observe effects on body fat and increases in lean muscle mass [43]. This suggests that the duration of the intervention for several of the studies may not have been long enough to invoke positive measurable changes.

Although more studies are required to provide a better understanding of the mechanism of a reduction in body fat due to a strength training intervention, it has been reported that a possible cause would be that the ST itself favors the loss of fat through the muscle. The muscle tissue releases Extracellular Vesicles (EVs) that present a potential mechanism through which the beneficial effects of exercise are transmitted to other tissues [52,53]. These EVs contain miR-1 absorbed by adipose tissue, promoting adrenergic signaling and lipolysis in adipose tissue, which favors fat oxidation [19]. Alternatively, it may simply be

due to an increase in skeletal muscle mass and the resulting increase in basal metabolic rate [54]. In particular, this has been observed in adolescents [55].

On the other hand, it is also suggested that these changes could be due to increases in total energy expenditure that may have occurred simply when participating in an exercise intervention instead of an increase in metabolically active lean tissue. However, it is important to note that the data of the participants, children and adolescents included in the analysis may have had an impact on the results.

There are limitations in this study, that must be taken present into account when explain the results. First, the included studies used several different types of exercise intervention (exclusive strength training or strength training plus aerobic training) with great variability within the study interventions with respect to the number of participants (ranging from 18 to 304 participants). The duration varied from 6 to 52 weeks, the frequency varied from 2 to 5 times per week, and the programs also included a mixture of a series of 1 to 4 per exercise and repetitions with a range of 4 to 25 with low intensities, medium or high according to the 1MR, with different methodologies such as undulating periodization, training of a progressive nature with an increase in the number of sets, repetitions and resistance; in circuit, with linear periodization or with daily undulating periodization, circuit training; and with training at home or in the gym, added to the fact that the age of entry was not measured.

For the results, there were a variety of different measurement methods; for example, the percentage of body fat was measured by DEXA, BodPod, bioelectrical impedance, skinfolds and magnetic resonance. In the analysis, not all studies reported data to allow an exhaustive investigation, so limited conclusions can be drawn based on this level of additional analysis.

5. Conclusions

The results of this systematic review confirm that ST could be an effective intervention for the treatment of body fat percentage in the first 14 weeks of intervention with better long-term results (>36 weeks), in turn, high and medium intensities are beneficial for reducing body fat percentage. However, a more in-depth research is needed on ST intensities and their effect at the individual level in children and adolescents, these findings can be used to develop new methods for the treatment of childhood obesity.

Author Contributions: Conceptualization, L.D.M.-H., J.A.-R. and E.R.-M.; Formal analysis, L.D.M.-H., R.B.-G., M.d.C.C.-M., J.R.-V. and O.R.F.-C.; Writing—original draft preparation, L.D.M.-H., and O.R.F.-C.; Writing—review and editing, J.A.-R., L.M.-C., R.C.J.-S. and N.d.S.C.-C. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Acknowledgments: This study was supported by a scholarship awarded by the National Council of Science and Technology of Mexico (CONACYT) No. CVU: 1077876 to LDM-H. The authors thank Itze Noriega Muro for reviews of this work.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Bleich, S.N.; Vercammen, K.A.; Zatz, L.Y.; Frelier, J.M.; Ebbeling, C.B.; Peeters, A. Interventions to prevent global childhood overweight and obesity: A systematic review. *Lancet Diabetes Endocrinol.* **2018**, *6*, 332–346. [CrossRef]
2. Tsatsoulis, A.; Paschou, S.A. Metabolically Healthy Obesity: Criteria, Epidemiology, Controversies, and Consequences. *Curr. Obes. Rep.* **2020**, *9*, 109–120. [CrossRef] [PubMed]
3. Ceballos, J.J.; Pérez, R.; Flores, J.A.; Vargas-Sánchez, J.; Ortega-Gutiérrez, G.; Madriz-Prado, R.; Hernández-Moreno, A. Obesidad Una Pandemia Del Siglo 21. *Rev. Sanid. Mil.* **2018**, *72*, 332–338.

4. Löffler, M.C.; Betz, M.J.; Blondin, D.P.; Augustin, R.; Sharma, A.K.; Tseng, Y.-H.; Scheele, C.; Zimdahl, H.; Mark, M.; Hennige, A.M.; et al. Challenges in tackling energy expenditure as obesity therapy: From preclinical models to clinical application. *Mol. Metab.* **2021**, *51*, 101237. [CrossRef]
5. Stanhope, K.L.; Goran, M.I.; Bosy-Westphal, A.; King, J.C.; Schmidt, L.A.; Schwarz, J.M.; Stice, E.; Sylvetsky, A.C.; Turnbaugh, P.J.; Bray, G.A.; et al. Pathways and mechanisms linking dietary components to cardiometabolic disease: Thinking beyond calories. *Obes. Rev.* **2018**, *19*, 1205–1235. [CrossRef]
6. Yuksel, H.S.; Şahin, F.N.; Maksimovic, N.; Drid, P.; Bianco, A. School-based intervention programs for preventing obesity and promoting physical activity and fitness: A systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 347. [CrossRef]
7. Bray, I.; Slater, A.; Lewis-Smith, H.; Bird, E.; Sabey, A. Promoting positive body image and tackling overweight/obesity in children and adolescents: A combined health psychology and public health approach. *Prev. Med.* **2018**, *116*, 219–221. [CrossRef]
8. Raimann, T. Obesidad y sus complicaciones. *Rev. Médica Clínica Las Condes* **2011**, *22*, 20–26. [CrossRef]
9. Han, J.C.; Lawlor, D.A.; Kimm, S.Y.S. Childhood obesity. *Lancet* **2010**, *375*, 1737–1748. [CrossRef]
10. Stricker, P.R.; Faigenbaum, A.D.; McCambridge, T.M. Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics* **2020**, *145*, e20201011. [CrossRef]
11. Ramsay, J.A.; Blimkie, C.; Smith, K.; Garner, S.; Macdougall, D.; Sale, D. Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* **1990**, *22*, 25–27. [CrossRef] [PubMed]
12. Faigenbaum, A.D.; McFarland, J.E. Resistance training for kids: Right from the Start. *ACSM's Health Fit. J.* **2016**, *20*, 16–22. [CrossRef]
13. Pitton, P.M. Prepubescent strength training: The effects of resistance training on strength gains in prepubescent children. *Natl. Strength Cond. Assoc. J.* **1992**, *14*, 55–57. [CrossRef]
14. Gregory, H.; Travis, T. *Essentials of Strength Training and Conditioning*, 4th ed.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2015; Available online: https://cutt.ly/XF704KY (accessed on 1 February 2022).
15. Collins, H.; Booth, J.N.; Duncan, A.; Fawkner, S. The effect of resistance training interventions on fundamental movement skills in youth: A meta-analysis. *Sport Med. Open* **2018**, *5*, 17. [CrossRef]
16. Schranz, N.; Tomkinson, G.; Olds, T. What is the effect of resistance training on the strength, body composition and psychosocial status of overweight and obese children and adolescents? A systematic review and meta-analysis. *Sport Med.* **2013**, *43*, 893–907. [CrossRef]
17. Lloyd, R.S.; Faigenbaum, A.D.; Myer, G.D.; Stone, M.; Oliver, J.; Jeffreys, I.; Pierce, K. UKSCA Position Statement: Youth Resistance Training. *Prof. Strength Cond.* **2012**, *26*, 26–39.
18. Icheli, L.; Itka, M.; Owland, T. Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper from the National Strength and Conditioning Association. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 60–79. [CrossRef]
19. Vechetti, I.J.; Peck, B.D.; Wen, Y.; Walton, R.G.; Valentino, T.R.; Alimov, A.P.; Dungan, C.M.; Van Pelt, D.W.; von Walden, F.; Alkner, B.; et al. Mechanical overload-induced muscle-derived extracellular vesicles promote adipose tissue lipolysis. *FASEB J.* **2021**, *35*, e21644. [CrossRef]
20. National Collaborating Centre for Methods and Tools. Quality assessment tool for quantitative studies. *Worldviews Evid. Based Nurs.* **2004**, *1*, 176–184.
21. Seo, Y.-G.; Lim, H.; Kim, Y.; Ju, Y.-S.; Choi, Y.-J.; Lee, H.-J.; Jang, H.B.; Park, S.I.; Park, K.H. Effects of circuit training or a nutritional intervention on body mass index and other cardiometabolic outcomes in children and adolescents with overweight or obesity. *PLoS ONE* **2021**, *16*, e0245875. [CrossRef]
22. Miguet, M.; Fearnbach, N.S.; Metz, L.; Khammassi, M.; Julian, V.; Cardenoux, C.; Pereira, B.; Boirie, Y.; Duclos, M.; Thivel, D. Effect of HIIT versus MICT on body composition and energy intake in dietary restrained and unrestrained adolescents with obesity. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **2020**, *45*, 437–445. [CrossRef] [PubMed]
23. Horsak, B.; Schwab, C.; Baca, A.; Greber-Platzer, S.; Kreissl, A.; Nehrer, S.; Keilani, M.; Crevenna, R.; Kranzl, A.; Wondrasch, B. Effects of a lower extremity exercise program on gait biomechanics and clinical outcomes in children and adolescents with obesity: A randomized controlled trial. *Gait Posture* **2019**, *70*, 122–129. [CrossRef] [PubMed]
24. Branco, B.H.M.; Carvalho, I.Z.; de Oliveira, H.G.; Fanhani, A.P.; Dos Santos, M.C.M.; de Oliveira, L.P.; Nelson Nardo, J. Effects of 2 types of resistance training models on obese adolescents' body composition, cardiometabolic risk, and physical fitness. *J. Strength Cond. Res.* **2020**, *34*, 2672–2682. [CrossRef]
25. Bharath, L.P.; Choi, W.W.; Cho, J.-M.; Skobodzinski, A.A.; Wong, A.; Sweeney, T.E.; Park, S.-Y. Combined resistance and aerobic exercise training reduces insulin resistance and central adiposity in adolescent girls who are obese: Randomized clinical trial. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2018**, *118*, 1653–1660. [CrossRef]
26. Bruñó, A.; Escobar, P.; Cebolla, A.; Álvarez-Pitti, J.; Guixeres, J.; Lurbe, E.; Baños, R.; Lisón, J.F. Home-Exercise Childhood Obesity Intervention: A Randomized Clinical Trial Comparing Print Versus Web-Based (Move It) Platforms. *J. Pediatr. Nurs.* **2018**, *42*, e79–e84. [CrossRef]
27. Fiorilli, G.; Iuliano, E.; Aquino, G.; Campanella, E.; Tsopani, D.; Di Costanzo, A.; Calcagno, G.; di Cagno, A. Different consecutive training protocols to design an intervention program for overweight youth: A controlled study. *Diabetes Metab. Syndr. Obes. Targets Ther.* **2017**, *10*, 37–45. [CrossRef]

28. Rey, O.; Vallier, J.M.; Nicol, C.; Mercier, C.S.; Maïano, C. Effects of combined vigorous interval training program and diet on body composition, physical fitness, and physical self-perceptions among obese adolescent boys and girls. *Pediatric Exerc. Sci.* **2017**, *29*, 73–83. [CrossRef] [PubMed]
29. Crouter, S.E.; Salas, C.; Wiecha, J. Effects of an afterschool community center physical activity program on fitness and body composition in obese youth. *J. Sports Sci.* **2017**, *35*, 1034–1040. [CrossRef]
30. Dias, I.; Farinatti, P.; De Souza, M.G.; Manhanini, D.P.; Balthazar, E.; Dantas, D.L.; de Andrade Pinto, E.H.; Bouskela, E.; Kraemer-Aguiar, L.G. Effects of Resistance Training on Obese Adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2015**, *47*, 2636–2644. [CrossRef]
31. Kelly, L.A.; Loza, A.; Lin, X.; Schroeder, E.T.; Hughes, A.; Kirk, A.; Knowles, A.-M. The effect of a home-based strength training program on type 2 diabetes risk in obese Latino boys. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* **2015**, *28*, 315–322. [CrossRef]
32. Monteiro, P.A.; Chen, K.Y.; Lira, F.S.; Saraiva, B.T.C.; Antunes, B.M.; Campos, E.Z.; Freitas, I.F., Jr. Concurrent and aerobic exercise training promote similar benefits in body composition and metabolic profiles in obese adolescents. *Lipids Health Dis.* **2015**, *14*, 153. [CrossRef] [PubMed]
33. Antunes, B.; Christofaro, D.; Monteiro, P.; Silveira, L.S.; Fernandes, R.A.; Mota, J.; Júnior, I.F.F. Effect of concurrent training on gender-specific biochemical variables and adiposity in obese adolescents. *Arch. Endocrinol. Metab.* **2015**, *59*, 303–309. [CrossRef] [PubMed]
34. Inoue, D.S.; De Mello, M.T.; Foschini, D.; Lira, F.S.; Ganen, A.D.P.; Campos, R.M.D.S.; Sanches, P.D.L.; Silva, P.L.; Corgosinho, F.C.; Rossi, F.E.; et al. Linear and undulating periodized strength plus aerobic training promote similar benefits and lead to improvement of insulin resistance on obese adolescents. *J. Diabetes Complicat.* **2015**, *29*, 258–264. [CrossRef] [PubMed]
35. Dâmaso, A.R.; Da Silveira, R.M.; Caranti, D.A.; De Piano, A.; Fisberg, M.; Foschini, D.; Sanches, P.D.L.; Tock, L.; Lederman, H.M.; Tufik, S.; et al. Aerobic plus resistance training was more effective in improving the visceral adiposity, metabolic profile and inflammatory markers than aerobic training in obese adolescents. *J. Sports Sci.* **2014**, *32*, 1435–1445. [CrossRef]
36. Ackel-D'Elia, C.; Carnier, J.; Bueno, C.R.; Campos, R.S.; Sanches, P.L.; Clemente, A.G.; Tufik, S.; de Mello, M.T.; Dâmaso, A.R. Effects of different physical exercises on leptin concentration in obese adolescents. *Int. J. Sports Med.* **2014**, *35*, 164–171. [CrossRef]
37. Sigal, R.J.; Alberga, A.S.; Goldfield, G.S.; Prud'Homme, D.; Hadjiyannakis, S.; Gougeon, R.; Phillips, P.; Tulloch, H.; Malcolm, J.; Doucette, S.; et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: The healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA Pediatr.* **2014**, *168*, 1006–1014. [CrossRef]
38. Vásquez, F.; Díaz, E.; Lera, L.; Meza, J.; Salas, I.; Rojas Moncada, P.; Atalah Samur, E.; Burrows, R. Efecto residual del ejercicio de fuerza muscular en la prevención secundaria de la obesidad infantil. *Nutr. Hosp.* **2013**, *28*, 333–339. [CrossRef]
39. Alberga, A.S.; Farnesi, B.C.; Lafleche, A.; Legault, L.; Komorowski, J. The effects of resistance exercise training on body composition and strength in obese prepubertal children. *Physician Sportsmed.* **2013**, *41*, 103–109. [CrossRef]
40. Antunes, B.d.M.; Monteiro, P.A.; Silveira, L.S.; Cayres, S.U.; da Silva, C.B.; Junior, I.F.F. Effect of concurrent training on risk factors and hepatic steatosis in obese adolescents. *Rev. Paul. Pediatr.* **2013**, *31*, 371–376. [CrossRef]
41. De Piano, A.; De Mello, M.T.; Sanches, P.D.L.; da Silva, P.L.; Campos, R.M.; Carnier, J.; Corgosinho, F.; Foschini, D.; Masquio, D.L.; Tock, L.; et al. Long-term effects of aerobic plus resistance training on the adipokines and neuropeptides in nonalcoholic fatty liver disease obese adolescents. *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* **2012**, *24*, 1313–1324. [CrossRef]
42. Foschini, D.; Arajo, R.C.; Bacurau, R.; De Piano, A.; De Almeida, S.S.; Carnier, J.; Rosa, T.D.; De Mello, M.T.; Tufik, S.; Dâmaso, A.R. Treatment of obese adolescents: The influence of periodization models and ACE genotype. *Obesity* **2010**, *18*, 766–772. [CrossRef] [PubMed]
43. McGuigan, M.R.; Tatasciore, M.; Newton, R.U.; Pettigrew, S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 80–85. [CrossRef] [PubMed]
44. Davis, J.N.; Kelly, L.A.; Lane, C.J.; Ventura, E.E.; Byrd-Williams, C.E.; Alexandar, K.A.; Azen, S.P.; Chou, C.-P.; Spruijt-Metz, D.; Weigensberg, M.J.; et al. Randomized control trial to improve adiposity and insulin resistance in overweight Latino adolescents. *Obesity* **2009**, *17*, 1542–1548. [CrossRef] [PubMed]
45. Sgro, M.; McGuigan, M.R.; Pettigrew, S.; Newton, R.U. The effect of duration of resistance training interventions in children who are overweight or obese. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1263–1270. [CrossRef]
46. Benson, A.C.; Torode, M.E.; Singh, M.A. The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: A randomized controlled trial. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, 1016–1027. [CrossRef]
47. Shaibi, G.Q.; Cruz, M.L.; Ball, G.D.C.; Weigensberg, M.J.; Salem, G.J.; Crespo, N.C.; Goran, M.I. Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2006**, *38*, 1208–1215. [CrossRef]
48. Yu, C.C.; Sung, R.Y.; Hau, K.T.; Lam, P.K.; Nelson, E.A.; So, R.C. The effect of diet and strength training on obese children's physical self-concept. *J Sports Med Phys Fitness.* **2008**, *48*, 76–82.
49. Alberga, A.S.; Sigal, R.J.; Kenny, G.P. A review of resistance exercise training in obese adolescents. *Physician Sportsmed.* **2011**, *39*, 50–63. [CrossRef]
50. Strasser, B.; Schobersberger, W. Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity. *J. Obes.* **2011**, *2011*, 482564. [CrossRef]
51. Elly, C.; Urnett, N.; Ewton, M. Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *Strength Cond.* **2005**, *25*, 396–403.

52. Valentino, T.; Mobley, C.B.; McCarthy, J.J. The role of extracellular vesicles in skeletal muscle and systematic adaptation to exercise. *J. Physiol.* **2021**, *599*, 845–861. [CrossRef]
53. Gutin, B.; Barbeau, P.; Owens, S.; Lemmon, C.R.; Bauman, M.; Allison, J.; Kang, H.-S.; Litaker, M.S. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.* **2002**, *75*, 818–826. [CrossRef] [PubMed]
54. Smith, J.J.; Eather, N.; Morgan, P.J.; Plotnikoff, R.C.; Faigenbaum, A.D.; Lubans, D.R. The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* **2014**, *44*, 1209–1223. [CrossRef] [PubMed]
55. Lloyd, R.S.; Faigenbaum, A.D.; Stone, M.H.; Oliver, J.L.; Jeffreys, I.; Moody, J.A.; Brewer, C.; Pierce, K.C.; McCambridge, T.M.; Howard, R.; et al. Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *Br. J. Sports Med.* **2014**, *48*, 498–505. [CrossRef]