

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE EL DESARROLLO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Pedro Gascón Morán

Grupo TFG: M61

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: María del Mar De Coig-O'Donnell Cabezas

Área: Revisión bibliográfica

Resumen

El entrenamiento de fuerza en niños adolescentes, y en especial el entrenamiento con carga de peso, ha sido visto en el pasado como algo peligroso y contraproducente para su correcto desarrollo, ya que desde hace algunas décadas se ha generado la idea de que este tipo de entrenamiento es sinónimo de un aumento en las probabilidades de que el niño sufra daños estructurales o limitaciones en su crecimiento. Sin embargo, varios autores constataron ya en su momento la importancia del entrenamiento de fuerza y la carga durante las etapas de crecimiento para promocionar la salud física a lo largo de la vida y, poco a poco, este pensamiento se ha ido modificando con el paso de los años, contando actualmente con un enfoque mucho más positivo hacia el entrenamiento de fuerza. Esta revisión bibliográfica tiene como finalidad obtener evidencias significativas sobre los efectos que tiene el entrenamiento de fuerza sobre el desarrollo en niños y adolescentes. Para ello, se realizó una búsqueda sistemática y comparada en las bases de datos electrónicas MEDLINE, Rehabilitation & Sports Medicine Source y SPORTDiscus with Full Text durante el curso académico 2021/2022. Los resultados analizados muestran: (a) que el entrenamiento de fuerza aplicado en niños preadolescentes produce una mejora en la salud del sistema esquelético, (b) que el entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes resulta en la adquisición de unos valores de masa magra y masa grasa adecuados, y (c) que el entrenamiento de fuerza mejora la aptitud muscular en niños y adolescentes. En base a estos resultados, se concluye que el entrenamiento de la fuerza tiene, en términos generales, un efecto positivo sobre el desarrollo de niños y adolescentes, mejorando la composición corporal y la función musculoesquelética.

Palabras clave: strength training, resistance training, children, teenagers, development, growth, effects.

Summary

Strength training in children and adolescents, and especially weight-bearing training, has been seen in the past as something dangerous and counterproductive for their correct development, since for the last decades a general idea has been

generated that this type of training is synonymous of an increase in the chances that the child will suffer structural damage or limitations in their growth. However, several authors confirmed at the time the importance of strength training and weight bearing during growth stages to promote physical health throughout life and, little by little, this thought has been modified over the years and there is now a much more positive approach to strength training for children. This literature review aims to obtain significant evidence on the effects of strength training on the development of children and adolescents. To do this, a systematic and comparative search was carried out in the electronic databases MEDLINE, Rehabilitation & Sports Medicine Source and SPORTDiscus with Full Text during the 2021/2022 academic year. The analyzed results show: (a) that strength training applied in preadolescent children produces an improvement in their skeletal system's health, (b) that strength training in children and adolescents results in the acquisition of adequate lean mass and fat mass values, and (c) that strength training improves muscle aptitude in children and adolescents. Based on these results, it is concluded that strength training has, in general terms, a positive effect on the development of children and adolescents, improving body composition and musculoskeletal function.

Key words: strength training, resistance training, children, teenagers, development, growth, effects.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Visión general del trabajo de fuerza en niños y adolescentes	6
1.2. Etapas de desarrollo	6
1.3. Iniciación al entrenamiento de fuerza	7
1.4. Enfoque actual e importancia del trabajo de fuerza en niños y adolescentes	8
2. OBJETIVOS	10
3. METODOLOGÍA	11
3.1 Diseño	11
3.2 Estrategia de búsqueda	11
3.3 Criterios de selección	12
3.4 Diagrama de flujo	13
4. RESULTADOS	14
4.1 Cuadro resumen de artículos	14
4.2 Resumen de artículos empleados	23
5. DISCUSIÓN	30
6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	33
7. CONCLUSIONES	34
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

1. Tablas

Tabla 1.....	14
--------------	----

2. Figuras

Figura 1.....	9
---------------	---

Figura 2.....	13
---------------	----

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Visión general del trabajo de fuerza en niños y adolescentes

En el pasado, el entrenamiento de fuerza, y en especial el entrenamiento con peso en niños y adolescentes, han sido vistos, por lo general, como algo peligroso o contraproducente para su correcto desarrollo, ya que desde hace algunas décadas se ha generado la idea de que este tipo de entrenamiento es sinónimo de un aumento en las probabilidades de que el niño sufra daños estructurales o limitaciones en su crecimiento (Barbieri & Zaccagni, 2013).

Tradicionalmente, las clases de educación física de niños y adolescentes han ido enfocadas principalmente a un trabajo aeróbico y de habilidades atléticas como la carrera, el salto y los lanzamientos, así como a una variedad de deportes de equipo (Malina, 2008). Por lo tanto, el concepto general que se ha ido desarrollando en la población sobre lo que es el ejercicio adecuado para sus hijos, ha sido el de este tipo de actividades, las cuales, lejos de ser algo negativo, no promueven el desarrollo de unos niveles de fuerza óptimos que permita a los niños llevar a cabo patrones maduros en dichos gestos o movimientos fundamentales en los que se basan las clases (Malina, 2008). Esto se puede contemplar como un error, ya que supone una deficiencia en el desarrollo físico y motor de los niños, puesto que sin unos niveles adecuados de fuerza, el control motor se ve también afectado, lo que significa que la realización de determinados gestos fundamentales, ya sean en el ámbito deportivo o en el de la vida diaria, no serán realizados de una manera eficiente ni biomecánicamente saludable (Kraemer et al., 1989). Por este motivo, Kraemer et al. (1989) constataron ya en su momento la importancia del entrenamiento de fuerza durante las etapas de crecimiento para promocionar la salud física a lo largo de la vida.

1.2. Etapas de desarrollo

Debido a las diferencias de desarrollo que se presentan entre individuos, incluso de la misma edad, es importante determinar el nivel de desarrollo con el que cuenta cada niño a la hora de proponer un programa de entrenamiento; por lo tanto, debemos entender la edad del sujeto desde diferentes perspectivas (Tanner, 1990).

La edad anatómica hace referencia a la edad cronológica del niño desde el nacimiento; la edad biológica, hace referencia a la madurez de los sistemas musculoesquelético, sexual y somático del sujeto; y la edad atlética, nos indica la experiencia en actividad física y entrenamiento (Tanner, 1990). De este modo, la madurez del sujeto vendrá dada de acuerdo con su edad anatómica, biológica y atlética, pudiendo dos sujetos de la misma edad anatómica contar con amplias diferencias madurativas en función de su desarrollo biológico (Tanner, 1990).

En función del desarrollo biológico y fisiológico del niño, podemos diferenciar 3 etapas principales (Hume & Russel, 2014):

- Etapa prepuberal: desarrollo completo del sistema nervioso, pero el sistema reproductivo aún no ha comenzado a desarrollarse. El niño cuenta con poca capacidad de atención, centrando su interés principalmente en jugar para divertirse. El sistema esquelético es aún inmaduro (Hume & Russell, 2014).
- Etapa puberal: las hormonas sexuales inician un proceso de crecimiento acelerado, produciéndose así cambios como la madurez musculoesquelética, aumento de altura, ganancia de peso y mayor definición muscular. Por lo general, las mujeres llegan a esta etapa antes que los hombres, influenciadas también por la menarquía (Hume & Russell, 2014).
- Etapa post puberal: mayores diferencias en cuanto a aumento de fuerza y desempeño motor, aumento de masa magra y reducción en % de grasa. Estos cambios son especialmente notorios en los hombres, debido al aumento de la hormona de crecimiento (Hume & Russel, 2014).

La correcta identificación de dicha madurez será clave para determinar un programa de entrenamiento adecuado, de modo que el niño pueda formarse y desarrollarse al ritmo que le corresponde, así como para minimizar el riesgo de posibles daños físicos y fisiológicos (Bompa & Carrera, 2015).

1.3. Iniciación al entrenamiento de fuerza

En cuanto a la introducción del niño a programas de entrenamiento de fuerza, ésta podrá comenzar a realizarse cuando el niño esté psicosocialmente preparado para seguir ciertas instrucciones y adherencia a dicho entrenamiento,

y cuando adquiriera ciertos niveles de control postural, como puede ser a la edad temprana de 7-8 años (Lloyd et al., 2014). Anterior a esa edad, el trabajo de fuerza del niño se basará en juegos y actividades los cuales incluyan acciones como los saltos, los lanzamientos, la reptación, la trepa y los empujes o arrastres, por lo que se deberá promover la realización de dichas acciones mediante juegos físicamente activos para la correcta iniciación y desarrollo de la fuerza del niño (Lloyd et al., 2014).

La iniciación en el entrenamiento de la fuerza en edades tempranas tiene su fundamento en los altos niveles de plasticidad neuromuscular con las que cuenta el niño antes de llegar a la etapa adolescente (Lloyd & Oliver, 2012). Esto es relevante ya que, como nos indica la evidencia científica, los principales beneficios y ganancias de fuerza inducidos por el entrenamiento en niños vienen dados por adaptaciones neurales, es decir, por el aumento de la coordinación intra e intermuscular (Granacher et al., 2011).

Por lo tanto, según Lloyd & Oliver (2012), este aumento en la capacidad del niño para producir adaptaciones al entrenamiento sostendría la idea de introducir programas de entrenamiento de fuerza en la etapa preadolescente para potenciar su desarrollo físico una vez adentrado en la adolescencia. Además, dicho aumento de la coordinación intra e intermuscular producido por el entrenamiento de fuerza, gracias a la mayor neuroplasticidad con la que cuenta el niño en su etapa preadolescente, supone a su vez un mayor incremento en la mejora de habilidades de ejecución motriz en comparación al que se obtendría si se iniciara el entrenamiento ya adentrado el niño en la adolescencia (Behringer et al., 2011).

1.4. Enfoque actual e importancia del trabajo de fuerza en niños y adolescentes

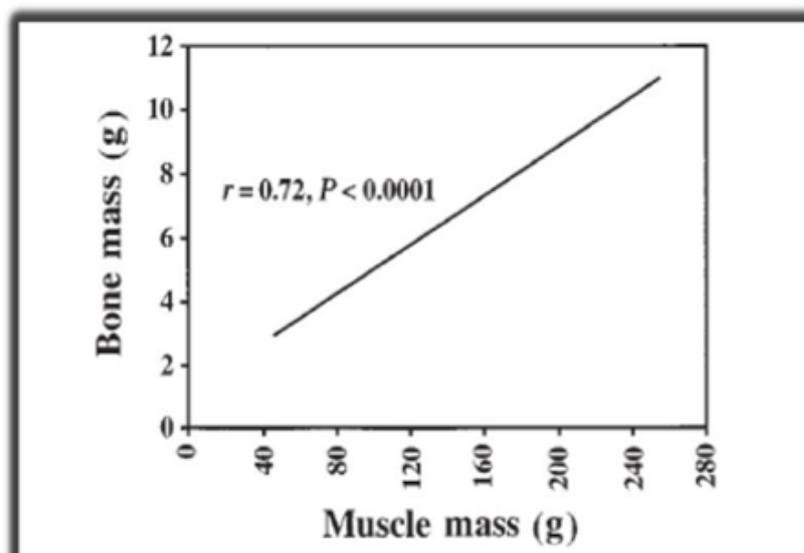
Aunque el pensamiento contrario al entrenamiento de fuerza en niños se ha ido modificando gracias a la evidencia científica que desmiente dicha creencia y, poco a poco, se va entendiendo y adoptando todo lo positivo que tiene el trabajo de fuerza durante las etapas de desarrollo, la idea de que es peligroso para los más jóvenes sigue viva hoy en día, especialmente en la población

general, la cual se inclina más por el ejercicio aeróbico cuando se ve en la tesitura de elegir una actividad deportiva para sus hijos, y no solo eso, sino que, además, en muchos casos los padres se muestran contrarios a que sus hijos practiquen deportes o ejercicios de fuerza (Ten Hoor et al., 2015).

Sin embargo, no existe evidencia que demuestre que el trabajo de fuerza interfiera negativamente en el crecimiento lineal durante la niñez o la adolescencia (Falk & Eliakim, 2003), sino más bien todo lo contrario, ya que este tipo de entrenamiento podría incluso favorecer el proceso de formación de masa ósea (Gunter et al., 2012). En la Figura 1, podemos observar cómo la cantidad de masa muscular está directamente relacionada con la cantidad de masa ósea corporal (Doyle et al., 1970).

Figura 1

Relación lineal entre la masa muscular y la masa ósea.



Nota. Esta figura muestra la relación que existe entre la masa muscular y la masa ósea corporal. Tomado de *Relation between bone mass and muscle weight*, por Doyle et al., 1970. The Lancet.

Asimismo, contamos actualmente con evidencia científica que respalda que la mejora de la fuerza muscular es vital en una correcta preparación de los niños para la realización de múltiples actividades físico-deportivas, o incluso ciertas

actividades de la vida diaria que tengan requerimientos físicos, de una manera segura y eficiente (Lubans et al., 2010).

Al mismo tiempo, un inadecuado desarrollo de la fuerza y de competencias motrices puede desencadenar o dar como resultado una serie de efectos adversos en la salud del niño en el futuro, tales como un aumento de comportamientos sedentarios y factores de riesgo para diversas enfermedades (Faigenbaum & Myer, 2012).

Por todo ello, se establece como objetivo de la presente revisión sistemática encontrar las bases científicas que ayuden a determinar los efectos que tiene el entrenamiento de fuerza sobre el proceso de desarrollo en niños y adolescentes.

2. OBJETIVOS

Objetivo principal

El objetivo principal de esta revisión reside en localizar actuales evidencias en cuanto a los efectos que tiene el trabajo de fuerza sobre el desarrollo de niños y adolescentes.

Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios de esta revisión son los siguientes:

- Analizar los efectos del trabajo de fuerza sobre la salud ósea en niños y adolescentes.
- Determinar los efectos del trabajo de fuerza sobre los niveles de masa magra y masa grasa corporal en niños y adolescentes.
- Evaluar los efectos del trabajo de fuerza sobre la función musculoesquelética en niños y adolescentes.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño

El diseño metodológico aplicado para la realización de este trabajo ha sido un modelo de revisión sistemática sobre los efectos que produce el entrenamiento de fuerza en el desarrollo de niños y adolescentes.

3.2. Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda íntegra y exhaustiva de la literatura científica en el metabuscador de la Universidad Europea durante el curso 2021/2022, utilizando las bases de datos de MEDLINE, Rehabilitation & Sports Medicine Source y SPORTDiscus with Full Text para determinar o reconocer estudios relevantes.

Las palabras clave o términos Mesh utilizados para la búsqueda bibliográfica en esta revisión fueron los siguientes: strength training or resistance training AND children or teenagers AND development or growth or effects.

Para realizar la búsqueda, se establecieron diferentes criterios de selección que debían cumplir los artículos científicos para esta revisión sistemática.

De acuerdo con el objetivo marcado y con el fin de hayar conclusiones evidentes, se procedió a realizar una principal búsqueda en los metabuscadores con las palabras clave o términos Mesh mencionados anteriormente. Se encontraron un total de 3.987 artículos, tras haber eliminado duplicados.

Se determinó cribar la búsqueda a texto completo, además de ser publicaciones académicas arbitradas, quedando así 2.252 artículos.

Asimismo, estos estudios debían ajustarse a la actualidad, por lo que se seleccionaron artículos comprendidos en los últimos diez años (2012-2022) (N=1.637). Asimismo, se seleccionaron artículos en los cuales la edad de los sujetos del estudio estuviera comprendida entre los 6 y los 18 años (N=482), que el idioma utilizado fuera el inglés y el castellano (N=477) y que la materia estuviera incluida en los siguientes títulos principales: muscle, skeletal; bone

density, child development, body composition, adaptation, physiological; bone development. En base a estos títulos principales, quedaron un total de 55 artículos científicos.

Por último, además de todos los criterios de selección citados anteriormente, se descartaron los estudios que no medían variables de interés para esta revisión o que trataban temas ajenos a la misma, así como los artículos que fueran revisiones o metaanálisis, quedando así 6 artículos

Además, se añadieron 2 artículos extraídos de Google Scholar, los cuales se ajustaban perfectamente al tema de esta revisión.

Finalmente, el total de artículos incluidos en la síntesis cualitativa de esta revisión fueron 8.

3.3. Criterios de selección

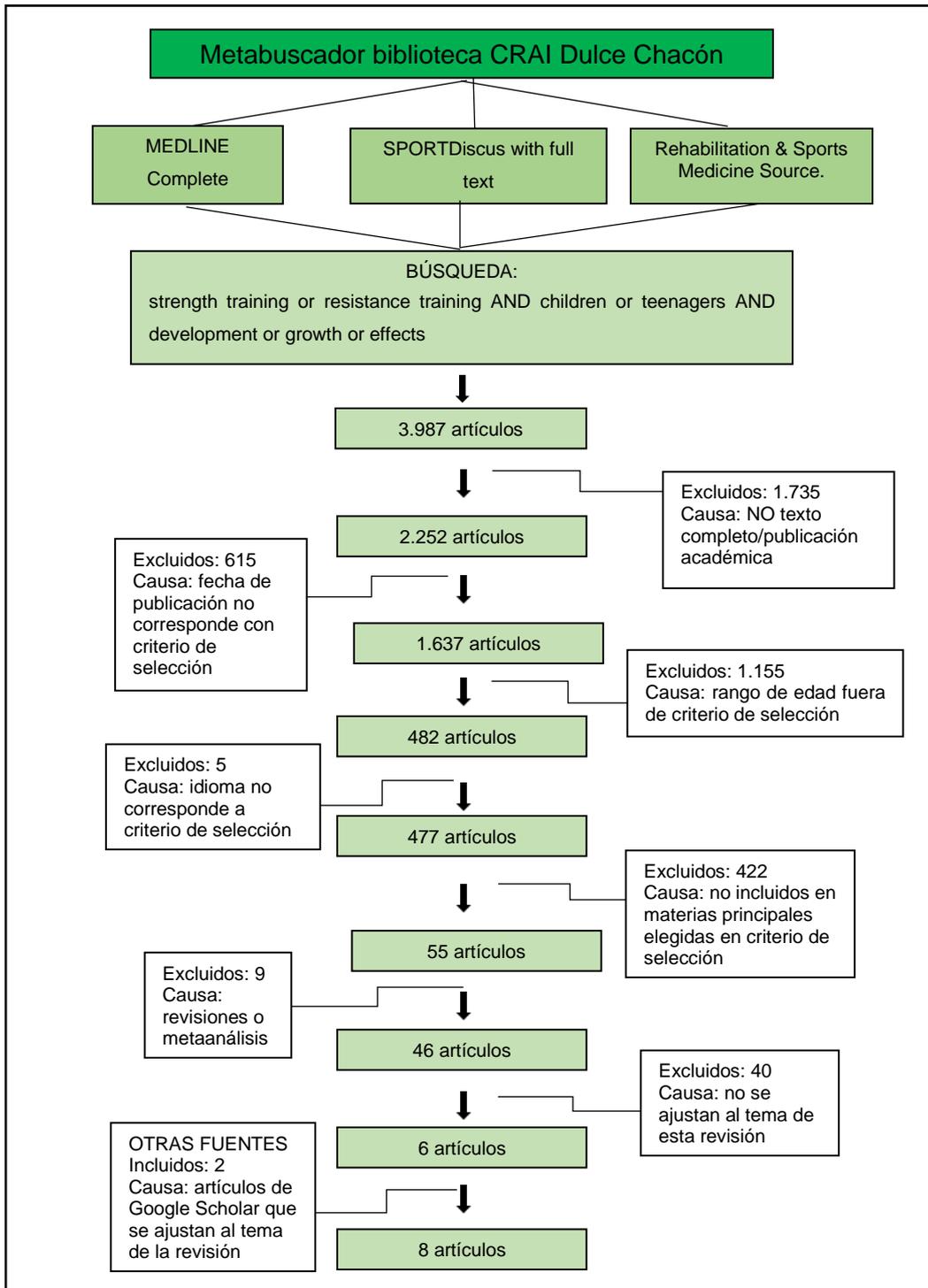
Los criterios de selección establecidos para esta revisión son los siguientes:

- Texto completo
- Publicaciones académicas
- Fecha de publicación: entre 2012 y 2022
- Edad: entre 6 y 18 años (child 6-12, adolescent 13-18)
- Idioma: inglés y castellano
- Título principal: muscle, skeletal; bone density, child development, body composition, adaptation, physiological; bone development.

3.4. Diagrama de flujo

Figura 2

Diagrama de flujo



4. RESULTADOS

4.1 Cuadro resumen artículos

Tabla 1

Cuadro resumen artículos

Autores	Objetivos	Variables	Población	Metodología/Grupos	Resultados
Bernardoni et al. (2014)	Examinar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza sobre el crecimiento esquelético en niñas premenárquicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad mineral ósea (BMD) - Crecimiento óseo 	44 niñas de 11,7 años de edad media (± 0.3 años), T2 y T3 en la escala de madurez de Tanner, que no habían llegado a la menarquía.	Entrenamiento de fuerza de 8 meses de duración con 2 sesiones/semana. <ul style="list-style-type: none"> - Grupo experimental (entrenamiento de fuerza) (HI): n=22 - Grupo control (CON): n=22 	En un subanálisis limitado a individuos que eran T2 o T3 al inicio de la intervención (HI n=17; CON n=21), T2 HI tuvo mayores ganancias en el ancho del cuello del fémur ($p = 0.01$) en comparación con T2 CON, mientras que T3 HI tuvo mayores ganancias en BMD de L3 ($p = 0,03$) en comparación con T3 CON.

<p>Cunha et al. (2015)</p>	<p>Investigar las adaptaciones fisiológicas que produce el entrenamiento de fuerza en niños prepuberales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Composición corporal - Dinamometría isocinética - 1-RM -Ergoespirometría isocinética 	<p>18 niños sanos, edad media 10,65 años (+-0,5).</p>	<p>Entrenamiento de fuerza de 12 semanas de duración,3 veces por semana, realizando 3 series de 6 a 15 repeticiones al 60-80% de la fuerza dinámica máxima</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo sometido a entrenamiento de fuerza (RT) n=9 - Grupo control (CTR) n=9 	<ul style="list-style-type: none"> -Ambos grupos presentaron incrementos estadísticamente significativos ($p < .05$) en 1-RM y fuerza por unidad de volumen muscular en la extensión de rodilla y flexión de codo. - Dichos incrementos de fuerza fueron significativamente mayores en el grupo RT (tamaño del efecto [ES] = 2,83-9,00) que en el grupo CTR (ES = 0,72-1,00). - Aumento significativo de masa corporal magra en ambos grupos, pero aumento de masa grasa solo en grupo CTR. -Aumento del contenido mineral óseo sin diferencia entre ambos grupos.
----------------------------	---	---	---	---	--

<p>Larsen et al. (2018)</p>	<p>Investigar cómo afecta la implementación frecuente de sesiones intensas de entrenamiento físico, incluyendo el entrenamiento de fuerza, a la salud musculoesquelética de niños de entre 8 y 10 años.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad mineral ósea (aBMD) - Contenido mineral óseo (BMC) - Masa magra corporal (LBM). - Flamingo balance test - Salto de longitud desde estático - Sprint 20m 	<p>295 niños de entre 8 y 10 años.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo de juego de pelota (SSG): n=96 - Grupo de circuito de fuerza (CST): n=83 - Grupo control (CON): n=116 <p>Ambos grupos experimentales, SSG y CST: 3 x 40 min/semana durante 10 meses.</p>	<p>El análisis de las diferentes variables desde el inicio hasta los 10 meses mostró diferencias entre los grupos, a favor de las intervenciones en la aBMD de todo el cuerpo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - (SSG vs CON: 8 mg/cm². 95% CI 3 a 13; CST vs CON: 7 mg/cm², IC 95% 2 a 13, p<0,05) y BMC de pierna (SSG vs CON: 11 g, IC 95% 4 a 18; CST vs CON: 11 g, IC 95% 3 a 18, p<0,05). - SSG tuvo puntajes de cambio más altos en la aBMD de la pierna en comparación con CON y CST (SSG vs CON: 19 mg/cm², 95% IC 11 a 39, p<0.05; SSG vs CST: 12 mg/cm², 95% IC 3 a 21, p<0,05). -CST tuvo puntajes de cambio más altos en BMC de cuerpo entero en comparación con
-----------------------------	---	---	--	--	---

					<p>CON (CST vs CON: 25 g, IC del 95% 10 a 39, $p < 0,05$).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambos tipos de entrenamiento resultaron en puntajes de cambio más altos en el equilibrio postural (SSG vs CON: 2.4 menos caídas/min, 95% CI 0.3 a 4.5, CST vs CON: 3.6 menos caídas/min, 95% CI 1.3 a 5.9, $p < 0.05$) y longitud del salto (SSG vs CON: 10 %, IC del 95 % del 5 al 16 %; CST vs CON: 9 %, IC del 95 % del 3 al 15 %, $p < 0,05$). - No se observaron diferencias entre grupos para el rendimiento de sprint o LBM ($p > 0.05$).
Lee et al. (2020)	Comparar los efectos del ejercicio aeróbico, el ejercicio de fuerza y el ejercicio aeróbico y de resistencia combinado	<ul style="list-style-type: none"> - Tejido adiposo subcutáneo regional (SAT) - Tejido adiposo visceral (VAT) - Músculo esquelético (SM) 	118 adolescentes con sobrepeso/obesidad (índice de masa corporal \geq percentil 85), de entre 12 y 17 años.	<p>Ejercicio aeróbico (n=38)</p> <p>Ejercicio de fuerza (n=40)</p> <p>Ejercicio combinado (n=40)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hubo una mayor reducción ($P < 0,05$) en el peso corporal en el grupo de ejercicio aeróbico en comparación con el grupo de ejercicio de

	<p>sobre la composición corporal y salud cardiovascular en adolescentes con sobrepeso.</p>	<p>- Biomarcadores de enfermedad cardiovascular</p>		<p>Los 118 adolescentes fueron aleatorizados en estos 3 grupos durante 6 meses, entrenando 3 días a la semana, 180 minutos por semana.</p>	<p>fuerza y el grupo de entrenamiento combinado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hubo reducciones ($P < 0,05$) en el SAT total y regional dentro del grupo de ejercicio aeróbico únicamente, y las reducciones en el SAT de la parte inferior del cuerpo fueron mayores ($P = 0,02$) que en el grupo combinado. - Todos los grupos tuvieron reducciones ($P < 0,01$) en el VAT, sin diferencias entre los grupos. - Hubo aumentos significativos en la masa musculoesquelética total y regional en el grupo de ejercicio de fuerza y ejercicio combinado, y no en el grupo de ejercicio aeróbico.
--	--	---	--	--	--

Meiring et al. (2014)	Determinar si una intervención de actividad física con levantamiento de peso mejora las medidas de la densidad, el tamaño y la fuerza de los huesos en una cohorte de niños negros sudafricanos antes de la pubertad y en la pubertad temprana.	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad mineral ósea (BMD) - Tamaño óseo (área) - Fuerza 	22 niños de 9,7 años (± 1.1).	Los 22 niños fueron aleatorizados en dos grupos: <ul style="list-style-type: none"> - Grupo de entrenamiento (EX) - Grupo control (CON) Los niños del grupo EX realizaron un programa de ejercicios con pesas durante 20 semanas. Los niños CON continuaron con sus actividades regulares.	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios de BMD volumétrica del 4%: área y fortaleza mayores en EX que en CON. - En el área del 38%, el cambio en el área y densidad ósea fue mayor en EX que en CON. - Mayor cambio en el grosor cortical de la tibia en comparación con el grupo CON.
Sigal et al. (2014)	Determinar los efectos del entrenamiento aeróbico, de fuerza y combinado de ambos sobre el porcentaje de grasa corporal en adolescentes con sobrepeso y obesidad.	<ul style="list-style-type: none"> - % grasa corporal - Diámetro de cintura 	304 adolescentes post puberales (estadios IV Y V de la escala de Tanner) con: a) un índice de masa corporal \geq percentil 95 para la edad y el sexo o b) \geq al percentil 85 + diabetes mellitus adicional o factor de	Los participantes fueron asignados al azar a uno de los siguientes 4 grupos durante 22 semanas <ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento aeróbico (AT) (n=75) - Entrenamiento de fuerza (RT) (n=78) - Entrenamiento combinado (CT) (n=75) 	-Las disminuciones en el porcentaje de grasa corporal fueron $-0,3$ (IC del 95 %, $-0,9$ a $0,3$) en el control grupo, $-1,1$ (IC del 95 %, $-1,7$ a $-0,5$) en el grupo de entrenamiento aeróbico ($p = 0,06$ frente a controles) y $-1,6$ (IC del 95%, $-2,2$ a $-1,0$) en el grupo de entrenamiento de

			<p>riesgo cardiovascular.</p>	<p>- Grupo control sin entrenamiento (CON) (n=76)</p> <p>Todos los participantes recibieron asesoramiento dietético, con un déficit energético diario de 250 kcal.</p> <p>- Grupo AT: sesiones de 20-45 minutos al 65%-85% FCmáx.</p> <p>- Grupo RT: sesiones 7 ejercicios desde 2 series de 15 reps a intensidad moderada hasta 3 series de 8 reps a máxima resistencia (8-RM).</p> <p>- Grupo CT: programa completo de entrenamiento aeróbico más el entrenamiento de fuerza durante cada sesión.</p>	<p>resistencia (P = 0,002 frente a los controles).</p> <p>- El -1,4 (IC del 95 %, -2,0 a -0,8) la disminución en el grupo de entrenamiento combinado no difirió significativamente de la del grupo el grupo de entrenamiento aeróbico o de resistencia.</p> <p>- Los cambios en la circunferencia de la cintura fueron -0,2 (IC del 95 %, -1,7 a 1,2) cm en el grupo control, -3,0 (IC 95 %, -4,4 a -1,6) cm en el grupo aeróbico (P = 0,006 vs. controles), -2,2 (IC del 95 %: -3,7 a -0,8) cm en el grupo de entrenamiento de resistencia (p = 0,048 frente a controles), y -4,1 (IC del 95 %, -5,5 a -2,7) cm en el grupo de entrenamiento</p>
--	--	--	-------------------------------	---	---

					combinado. - En análisis por protocolo (70% de adherencia), el grupo de entrenamiento combinado tuvo mayores cambios en el porcentaje de grasa corporal (-2,4, IC del 95 %, -3,2 a -1,6) frente al grupo aeróbico (-1,2; IC del 95 %, -2,0 a -0,5; P = 0,04 frente al grupo combinado) pero no el grupo de resistencia (-1,6; IC del 95 %, -2,5 a -0,8)
Schranz et al. (2014)	Determinar el efecto de una intervención de entrenamiento de fuerza de 6 meses sobre el autoconcepto de fuerza y la composición corporal de varones adolescentes con sobrepeso y obesos.	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerza - % masa magra - % masa grasa 	56 varones con sobrepeso y obesos de entre 13 y 17 años.	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo de intervención (n=30) - Grupo control (n=26) 	<ul style="list-style-type: none"> - Se observaron grandes aumentos en la fuerza para el grupo de intervención, en relación con los controles, sin que se mostraran cambios sustanciales en la composición corporal para ninguno de los grupos. - Los valores de todas las variables volvieron a la línea de base después

					de la finalización del programa.
Waugh et al. (2014)	Comprobar si el entrenamiento de fuerza (RT) puede alterar las propiedades mecánicas de los tendones en los niños y producir cambios en las características de producción de fuerza.	<ul style="list-style-type: none"> - Propiedades del tendón de Aquiles: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Área Transversal ➤ Elongación ➤ Tensión ➤ Deformación ➤ Rigidez ➤ Módulo de Young (elasticidad longitudinal) - Retardo electromecánico (EMD): - Tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) - Tasa de aumento electromiográfico (EMG) 	22 niños de 8,9 años de edad media (± 0.3 años)	<ul style="list-style-type: none"> -Grupo experimental (entrenamiento) (n=10) - Grupo control (n=10) <p>El grupo de entrenamiento completó una intervención de entrenamiento de fuerza de 10 semanas (2 -3 series de 8-15 contracciones de flexión plantar realizadas dos veces por semana.</p>	<p>La rigidez del tendón y el módulo de Young aumentaron significativamente después de la RT en el grupo experimental (~29 % y ~25 %, respectivamente).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todas las demás propiedades del tendón no se alteraron significativamente. - Se encontró una disminución de ~13 % en la EMD después de RT para el grupo experimental, que fue paralela al aumento en la rigidez del tendón ($r = -0,59$); sin embargo, RFD y REI no cambiaron.

4.2. Resumen artículos empleados

En el estudio de Bernardoni et al. (2014) se quiso examinar el efecto que produciría un programa de entrenamiento de fuerza sobre el crecimiento esquelético en niñas premenárquicas. Para la realización de dicho estudio, se seleccionó a cuarenta y cinco niñas de entre 11 y 12 años clasificadas en estadio II o III de la escala de madurez de Tanner, para participar en un programa específico de fuerza, de 8 meses de duración con dos sesiones por semana, que sería integrado en sus clases de educación física habituales. Veintitrés sujetos de control emparejados por edad y madurez (CON) fueron reclutados de una escuela secundaria vecina en el mismo distrito escolar, los cuales participaron a lo largo del estudio en clases estándar de educación física (sin incluir entrenamiento de fuerza). Los criterios de exclusión fueron los siguientes (aunque ningún sujeto requirió exclusión): (1) estado de madurez superior a 1 año después de la menarquia; (2) historia de trastornos del crecimiento o de la alimentación, enfermedad ósea metabólica o problemas médicos o condición ortopédica que impide el ejercicio; (3) uso de medicamentos que inhibe la acumulación de hueso; y (4) usar anticonceptivo oral/hormonal. Se realizaron evaluaciones de la masa ósea y masa magra corporal regional y total (DXA), antropometría y estado madurez, tanto previo a la intervención del estudio, como posteriormente. Se dividió a las niñas en dos grupos: grupo experimental (HI; n=22) y grupo control (CON; n=22). El grupo HI fue intervenido mediante un programa de fuerza que incluía ejercicios de fuerza utilizando el propio peso corporal, mancuernas y bandas elásticas. Los ejercicios se realizaban en circuitos cronometrados de 8 a 12 min, de dos a tres veces por semana en días no consecutivos y mediante una sobrecarga progresiva; es decir, aumentando la carga e intensidad de los ejercicios progresivamente según avanzaban las semanas. Los sujetos fueron evaluados durante el último mes del año escolar; por lo tanto, este análisis evalúa un promedio de 7 meses de exposición de la intervención. El esfuerzo se evaluó en una escala de 1 a 3 representando esfuerzo bajo, medio y alto, respectivamente. De estos datos, el esfuerzo total*minutos de intervención se calculó como suma total [minutos de intervención diaria x esfuerzo diario], proporcionando una “dosis” de intervención para cada sujeto. Esta intervención produjo mejoras significativas en la

formación de hueso en niñas premenárquicas, en base a región y madurez específicas. Las niñas menos maduras (Tanner II) obtuvieron mayores beneficios en la cadera, mientras que las más maduras (Tanner III) los obtuvieron en la columna vertebral.

Cunha et al. (2015) quisieron investigar sobre las adaptaciones fisiológicas obtenidas mediante el entrenamiento de fuerza en niños prepuberales. Dieciocho niños sanos y físicamente activos clasificados en estadio I de Tanner y edades comprendidas entre los 10 y los 12 años, fueron seleccionados para participar en el estudio. Los participantes fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: experimental (RT, n = 9) y control (CTR, n = 9). La composición corporal y la masa ósea fueron evaluadas por DXA, siendo el equipo DXA calibrado diariamente antes de las evaluaciones. Se utilizó la prueba de 1RM para evaluar la carga máxima (en kilogramos) que se podría levantar en 5 s (3 s para la fase concéntrica y 2 s para la fase excéntrica), determinada por metrónomo electrónico. En cuanto a valores cardiorrespiratorios, se evaluó el intercambio de gases pulmonares (consumo de oxígeno [VO₂] y producción de dióxido de carbono [CO₂]) y la ventilación por minuto expirado. La ventilación se midió durante el ejercicio a través de un ergospirómetro en carro. Después de las evaluaciones iniciales, el grupo experimental participó en un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas, además de sus clases regulares de educación física en la escuela, mientras que el grupo CTR recibió instrucciones de no participar en ningún tipo de entrenamiento durante este período, a excepción de la educación física regular de las clases en la escuela. El programa de formación constaba de tres sesiones por semana en días alternos durante las 12 semanas. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 60 min. El programa de entrenamiento comenzó con los participantes realizando tres series de 15 repeticiones al 60% de 1-RM en las semanas 1 a 4, progresando a tres series de 10 a 12 repeticiones al 70% de 1-RM en las semanas 5 a 8, y progresando a tres series de 6 a 8 repeticiones en 80% del 1-RM en las semanas 9 a 12. Cada 3 semanas, un 1-RM se realizó una prueba para ajustar la fuerza dinámica máxima. Al finalizar el estudio, se observó una falta de aumento en las variables de masa grasa (pierna, tronco y

total) en el grupo RT, mientras que se observaron aumentos estadísticamente significativos en el grupo CTR. Además, los niños del grupo RT mejoraron en mayor medida la fuerza y la fuerza por unidad de volumen muscular que el grupo CTR. Además, ambos grupos mostraron aumentos en la masa magra y la masa ósea, pero no se observaron cambios en aptitud cardiorrespiratoria.

Larsen et al. (2018) llevaron a cabo un estudio para determinar si la aptitud musculoesquelética de niños entre 8 y 10 años se vería afectada por la implementación frecuente de sesiones intensas de entrenamiento físico. Para ello, 295 escolares de dicho rango de edad se asignaron al azar a 3 grupos: un grupo de juego de pelota (SSG; n=96), un grupo de entrenamiento de fuerza en circuito (CST; n= 83) y un grupo control (CON, n=116). Ambas intervenciones (SSG y CST) contaron con 3 sesiones de 40 min por semana durante 10 meses. Las sesiones del grupo SSG consistieron principalmente en partidos de fútbol 3 contra 3 (75% de las sesiones de entrenamiento), así como baloncesto 3 contra 3 y unihockey. Cada sesión de entrenamiento comenzaba con 3–5 minutos de calentamiento con ejercicios relacionados con el juego de pelota utilizado en esa sesión particular. Las sesiones del grupo CST consistieron en períodos de ejercicio máximo de 30 segundos intercalados con periodos de descanso de 45 segundos. La mitad del tiempo se realizaron dichos entrenamientos en circuitos de 6 a 10 estaciones que incluían ejercicios pliométricos y de fuerza tales como saltos, abdominales, flexiones y otros ejercicios dinámicos, así como ejercicios de fuerza estáticos para tren superior e inferior. La otra mitad consistía en juegos que activaban a los niños de la misma manera que el protocolo CST. Los instructores registraron la asistencia de los participantes a las sesiones en un registro de capacitación como presente, no presente o presente a medias si alguien llegó tarde o se fue antes de la finalización de una sesión. Se utilizaron exploraciones de absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) de cuerpo entero para determinar la densidad mineral ósea (aBMD), el contenido mineral óseo (BMC) y la masa corporal magra (LBM). Se utilizaron las pruebas de equilibrio de flamenco, salto de longitud estático y sprint de 20 metros para determinar la aptitud muscular. Al finalizar el estudio, se comprobó que ambos protocolos (SSG y CST) durante un año escolar completo mejoran la

mineralización ósea, así como varios aspectos de la aptitud muscular (equilibrio postural y longitud de salto) en niños de 8 a 10 años. Sin embargo, no se observan diferencias significativas en cuanto a masa corporal magra.

En el estudio llevado a cabo por Lee et al. (2020) se realizó una comparación de los efectos del ejercicio aeróbico, el ejercicio de fuerza y el ejercicio combinado aeróbico y de fuerza sobre la composición corporal y la salud cardiovascular de adolescentes con sobrepeso. 118 adolescentes con sobrepeso u obesidad (índice de masa corporal \geq percentil 85) de 12 a 17 años fueron aleatorizados a uno de los siguientes grupos durante 6 meses (3 días/semana, 180 min/semana): a) ejercicio aeróbico ($n = 38$), b) ejercicio de fuerza ($n = 40$) o c) ejercicio aeróbico y de fuerza combinado ($n = 40$). Los participantes asignados al grupo de ejercicio aeróbico se ejercitaron en cintas rodantes o elípticas. En cuanto al grupo de ejercicio aeróbico, la carga de entrenamiento fue progresiva en duración e intensidad. Durante las dos primeras semanas, los participantes realizaron sesiones ejercicio aeróbico durante 40 min al 50 % de $VO_{2m\acute{a}x}$, aumentando hasta 60 min al 65 % de $VO_{2m\acute{a}x}$ a partir de entonces. Las sesiones del grupo de fuerza constaron de 2 series de 12 a 15 repeticiones de 8 ejercicios que abarcaban los principales grupos musculares, utilizando equipamiento de carga de peso de gimnasio (prensa de piernas, extensiones de rodilla, flexiones de rodilla, prensa de pecho, jalón al pecho, remo sentado, curl de bíceps y extensiones de tríceps), así como 2 series de flexiones y abdominales hasta el agotamiento. Los descansos entre series eran de 1 a 2 minutos. La carga fue regulada progresivamente, aumentando el peso con el que los sujetos realizaban cada ejercicio cuando éstos eran capaces de realizar 15 repeticiones de un determinado ejercicio con el 60% de su 1RM inicial, de manera que la carga fuera siempre la óptima para entrenar en el rango de 12-15 repeticiones. El grupo de entrenamiento combinado comenzaba sus sesiones con ejercicios aeróbicos de 30 minutos de duración en cintas de correr o elípticas al 50%–65% del $VO_{2m\acute{a}x}$, y posteriormente realizaba una serie de cada uno de los ejercicios del protocolo de fuerza. Los sujetos de los grupos de ejercicio aeróbico y combinado usaron un monitor de frecuencia cardíaca durante los ejercicios aeróbicos para asegurar el logro de la frecuencia cardíaca objetivo,

que fue determinado a partir de una prueba ergométrica de referencia. Todas las sesiones de ejercicio fueron impartidas por un experto en ejercicio. Al finalizar la intervención, se vio una mayor reducción ($P < 0,05$) del peso corporal en el grupo de ejercicio aeróbico en comparación con el grupo de ejercicio de fuerza y el grupo de entrenamiento combinado. Hubo también reducciones ($P < 0,05$) en el SAT total y regional dentro del grupo de ejercicio aeróbico únicamente, y las reducciones en el SAT de la parte inferior del cuerpo en este grupo fueron mayores ($P = 0,02$) que en el grupo combinado. Todos los grupos obtuvieron reducciones ($P < 0,01$) en el VAT, sin diferencias entre grupos. Asimismo, se pudo comprobar que hubo aumentos significativos en la masa musculoesquelética total y regional en el grupo de ejercicio de fuerza y ejercicio combinado, pero no en el grupo de ejercicio aeróbico.

En el estudio de Meiring et al. (2014) se quiso determinar si una intervención de actividad física con levantamientos de peso mejora las medidas de densidad ósea, tamaño y fuerza en niños. Para ello, veintidós niños en edad escolar ($9,7 \pm 1,1$ años) fueron asignados al azar por grupos, a un grupo de ejercicio (EX; $n=12$) y un grupo de control (CON; $n=10$). Los niños debían estar clasificados dentro de los estadios I a III de la escala de Tanner. Los niños EX realizaron un programa de ejercicios con pesas durante 20 semanas, con ejercicios aplicados por un profesional 2 veces por semana y que incluían todos los principales grupos musculares, así como juegos que incluían la carrera, el salto y la trepa. Los niños CON continuaron con sus actividades regulares. Se obtuvieron exploraciones DXA de cuerpo entero y QCT tibial periférica. La orina se analizó en busca de concentraciones de N-telopéptidos reticulados de colágeno tipo I (NTX). Al término del estudio, se observaron cambios en la BMD volumétrica del 4%, los cuales fueron mayores en área y fortaleza ósea en EX en comparación con CON. En el 38%, el cambio en el área y densidad ósea fue mayor en EX que en CON. El mayor cambio en la circunferencia perióstica en los grupos EX también resultó en un mayor cambio en el grosor cortical de la tibia en comparación con el grupo CON. La concentración de NTX fue menor en el grupo EX que en el grupo CON después de la intervención.

Sigal et al. (2014) investigaron sobre los efectos del entrenamiento aeróbico, el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento combinado aeróbico y de fuerza sobre el porcentaje de grasa corporal en adolescentes con sobrepeso y obesidad. Para la realización del estudio, se escogió a 304 adolescentes postpuberales, previamente inactivos, de 14 a 18 años (etapa IV o V de Tanner) y con un índice de masa corporal igual o superior al percentil 95 para la edad y el sexo, o igual o superior al 85 percentil más una diabetes mellitus adicional o un factor de riesgo cardiovascular. Los 304 participantes fueron asignados al azar entre 4 grupos durante 22 semanas: entrenamiento aeróbico (n = 75), entrenamiento de fuerza (n = 78), entrenamiento combinado aeróbico y de fuerza (n = 75) y grupo de control sin ejercicio (n = 76). Todos los participantes recibieron asesoramiento dietético, con un déficit energético diario de 250 kcal. Los participantes de los 4 grupos recibieron asesoramiento al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses por un dietista para indicarles una alimentación saludable, con un déficit energético diario de 250 kcal. Los 3 grupos de entrenamiento realizaron sus protocolos con 4 sesiones por semana durante las 22 semanas. El grupo aeróbico se ejercitó en cintas de correr, máquinas elípticas o bicicletas ergométricas. Se usaron pulsómetros para alcanzar las frecuencias cardíacas objetivo y ajustar así la carga de trabajo. Los entrenamientos progresaron gradualmente en la duración del ejercicio (de 20 a 45 minutos por sesión de ejercicio aeróbico) e intensidad (del 65% al 85% de la frecuencia cardíaca máxima). El grupo de fuerza realizó 7 ejercicios usando máquinas de pesas o pesas libres, progresando de 2 series de 15 repeticiones a intensidad moderada a 3 series de 8 repeticiones a máxima intensidad (8-RM). El grupo de entrenamiento combinado realizó el programa de entrenamiento aeróbico completo más el entrenamiento de fuerza en cada sesión. Tras dar por acabado el estudio, se pudo comprobar que tanto el entrenamiento aeróbico como el de fuerza y el entrenamiento combinado resultaron en una reducción de la grasa corporal total y del diámetro de cintura en adolescentes obesos. Asimismo, se calculó que, con una adherencia al programa mayor que la que mostraron los participantes, el entrenamiento combinado produciría mayores disminuciones que el entrenamiento aeróbico o de fuerza aislados.

En el estudio de Schranz et al. (2014) se pretendía determinar el efecto de una intervención de entrenamiento de fuerza de 6 meses de duración sobre el autoconcepto de fuerza y composición corporal en varones adolescentes con sobrepeso y obesos. Para ello, 56 varones con sobrepeso y obesos, de entre 13 y 17 años, fueron asignados aleatoriamente a un grupo de Intervención (n=30), que realizaría entrenamientos de fuerza en un gimnasio, o de Control (n=26), que no realizaría ninguna intervención. Los factores primarios (psicológicos) y secundarios (fuerza y composición corporal) se evaluaron al inicio, así como a los 3 (a la mitad de la intervención), 6 (inmediatamente después de la intervención) y 12 meses de seguimiento. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de intervención y control en las evaluaciones de 3 y 6 meses para la autoeficacia del ejercicio, la confianza en el entrenamiento de resistencia y la autoestima. También se observaron grandes aumentos en la fuerza para el grupo de intervención, en relación con los controles, sin que se mostraran cambios sustanciales en la composición corporal para ninguno de los grupos. Los valores de todas las variables volvieron a la línea de base después de la finalización del programa. Con dichos resultados, se determinó que una intervención de entrenamiento de fuerza de 6 meses puede afectar positivamente el autoconcepto físico de los adolescentes varones con sobrepeso y obesidad, así como a sus valores de fuerza.

Waugh et al. (2014) llevaron a cabo un estudio en el cual se quisieron comprobar las alteraciones producidas por el entrenamiento de fuerza (RT) en las propiedades mecánicas de los tendones en los niños, así como los posibles cambios en las características de producción de fuerza. Veinte niños prepuberales ($8,9 \pm 0,3$ años) se dividieron por igual en grupos de control (sin entrenamiento) y experimentales (entrenamiento). El grupo experimental completó una intervención de entrenamiento de fuerza de 10 semanas que consistía en un programa de 2 a 3 series de 8 a 15 contracciones de flexión plantar realizadas dos veces por semana en una máquina reclinada de elevación de pantorrillas. Las propiedades del tendón de Aquiles (área transversal, elongación, tensión, deformación, rigidez y módulo de Young), el retardo electromecánico (EMD; tiempo entre el inicio de la actividad muscular y la

fuerza), la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD; pendiente de la fuerza- curva de tiempo) y la tasa de aumento electromiográfico (EMG) (REI; pendiente de la curva de tiempo de EMG) se midieron antes y después de la intervención. Al completarse el programa de RT, la rigidez del tendón y el módulo de Young aumentaron significativamente solo en el grupo experimental (~29 % y ~25 %, respectivamente). Todas las demás propiedades no se alteraron significativamente, aunque hubo disminuciones medias tanto en la tensión máxima del tendón como en la tensión a un nivel de fuerza determinado (14 % y 24 %, respectivamente; no significativo). Se encontró una disminución de ~13 % en la EMD después de RT para el grupo experimental, que fue paralela al aumento en la rigidez del tendón ($r = -0,59$); sin embargo, RFD y REI no cambiaron. Los datos reflejados muestran que el tendón de Aquiles se adapta a al RT en niños prepuberales y es paralelo a un cambio en la EMD, aunque la magnitud de este cambio no parece ser suficiente para influir en la RFD. Estos hallazgos son de importancia dentro del contexto de la eficiencia y ejecución del movimiento.

5. DISCUSIÓN

Tras el análisis de los resultados, se puede comprobar que existe cierta evidencia de que el entrenamiento de fuerza produce, sobre el desarrollo de niños y adolescentes, diversos efectos positivos los cuales tienen que ver principalmente con la salud y calidad del sistema esquelético (Bernardoni et al., 2014; Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014), la relación entre masa magra y masa grasa corporal (Cunha et al., 2015; Larsen et al., 2018; Lee et al., 2020; Sigal et al., 2014) y la función musculoesquelética (Cunha et al., 2015; Larsen et al., 2018; Schranz et al., 2014; Waugh et al., 2014).

La literatura refiere un aumento del crecimiento óseo y la densidad ósea mediante el entrenamiento de fuerza en preadolescentes (Bernardoni et al., 2014; Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014). Se puede observar que dichas mejoras en la formación y densidad del sistema esquelético son producidas tanto en niños como en niñas que se encuentren en etapas previas a la adolescencia y/o pubertad (Bernardoni et al., 2014; Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014)

Del mismo modo, el contenido mineral óseo parece verse mejorado mediante el entrenamiento de fuerza (Larsen et al., 2018).

Parece evidente que la realización de 2 a 3 sesiones de entrenamiento de fuerza a la semana (Bernardoni et al., 2014; Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014), con una duración aproximada de 45 minutos (Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014) y durante al menos 5 meses (Bernardoni et al., 2014; Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014), llevan a la obtención de dichas mejoras de crecimiento óseo (Bernardoni et al., 2014; Meiring et al., 2014) y densidad ósea (Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014) en niños prepuberales. Dichos entrenamientos, en sujetos en dicha fase de desarrollo (preadolescencia), parecen ser efectivos utilizando tanto el propio peso corporal como con una carga o resistencia añadidas (Bernardoni et al., 2014; Larsen et al., 2018; Meiring et al., 2014).

Por otro lado, se evidencia que el entrenamiento de fuerza produce mejoras en la relación de masa magra y masa grasa corporal de niños (Cunha et al., 2015; Larsen et al., 2018) y adolescentes (Lee et al., 2020; Sigal et al., 2014).

Se observan mejoras en la aptitud muscular, pero sin aumento de la masa muscular, en niños de entre 8 y 10 que se expusieron a un programa de entrenamiento de fuerza de 10 meses de duración con 3 sesiones de 40 minutos a la semana (Larsen et al., 2018). Por otro lado, se observa una reducción de masa grasa y aumento de masa magra en aquellos niños de entre 10 y 12 años, prepuberales (estadio I de la escala de Tanner), que se adhirieron a un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas de duración, con 3 sesiones a la semana realizando 3 series de 6 a 15 repeticiones entre el 60 y el 80% del 1-RM, llevando a cabo una sobrecarga progresiva desde las 15 repeticiones al 60% hasta 6 repeticiones al 80% a lo largo de las 12 semanas (Cunha et al., 2015). Asimismo, los adolescentes con sobrepeso, puberales y post puberales, que llevaron a cabo entrenamientos de fuerza, refirieron una reducción en la cantidad de masa grasa, mientras que su masa muscular se vio aumentada (Lee et al., 2020; Sigal et al., 2014), pudiéndose comprobar en la literatura que un programa de entrenamiento de fuerza de entre 5 y 6 meses de duración, con

entre 3 y 4 sesiones al día realizando ejercicios con carga de peso a 8-15 repeticiones entre el 60 y el 80% del 1RM, refiere una disminución de la masa grasa corporal junto con un aumento de la masa muscular en adolescentes de entre 12 y 18 años con sobrepeso (Lee et al., 2020; Sigal et al., 2014). La sobrecarga progresiva en los entrenamientos se presenta como un factor relevante para garantizar dicho proceso (Lee et al., 2020; Sigal et al., 2014).

Asimismo, se puede comprobar que el entrenamiento de fuerza en niños prepuberales y adolescentes produce mejoras en los niveles de fuerza y la función musculoesquelética (Cunha et al., 2015; Larsen et al., 2018; Schranz et al., 2014; Waugh et al., 2014).

Se observa que un programa de entrenamiento de fuerza de entre 10 y 12 semanas de duración, con 3 sesiones a la semana realizando de 2 a 3 series de 6 a 15 repeticiones entre el 60 y el 80% del 1-RM refiere una mejora en los niveles de fuerza en niños prepuberales de entre 10 y 12 años (Cunha et al., 2015), pero que, por el contrario, no afecta significativamente al desarrollo de la fuerza en niños de 9 años (Waugh et al., 2014). Sí se observan, sin embargo, otras mejoras en la aptitud musculoesquelética en niños de entre 8 y 10 años que realizaron 3 sesiones de entrenamiento de fuerza a la semana durante 10 meses (Larsen et al., 2018), los cuales vieron mejorado su equilibrio postural y aumentaron su longitud de salto.

Finalmente, se puede ver cómo los adolescentes que se adhirieron a un programa de entrenamiento de fuerza de 12 meses de duración, con 3 sesiones a la semana de ejercicios con sobrecarga en un gimnasio refirieron grandes aumentos en sus niveles de fuerza (Schranz et al., 2014), los cuales volvieron a la normalidad al finalizar la intervención y dejar los adolescentes de realizar entrenamientos de fuerza. Es decir, podemos observar mejoras en los niveles de fuerza mediante el entrenamiento en niños a partir de los 10 años, así como en adolescentes (Cunha et al., 2015; Schranz et al., 2014), mientras que los niños de menor edad parecen referir mejoras en su aptitud musculoesquelética

funcional pero no específicamente en sus niveles de fuerza (Larsen et al., 2018; Waugh et al., 2014).

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En esta revisión se puede extraer información que evidencia que el entrenamiento de fuerza produce mejoras en la salud, crecimiento y composición del sistema esquelético en niños, mejoras en los niveles de masa magra y masa grasa de niños y adolescentes, y aumentos de fuerza y aptitud musculoesquelética en preadolescentes y adolescentes. Sin embargo, no se ha encontrado literatura que establezca un procedimiento claro y genérico para la iniciación del niño en el entrenamiento de fuerza. Por este motivo, la determinación de programas de entrenamiento de la fuerza genéricos que pudieran integrarse de manera global en los colegios e institutos se presenta como una futura línea de investigación interesante. De este modo, se podrían establecer protocolos bien estructurados que sirvieran de guion para la inclusión del entrenamiento de fuerza desde etapas de la niñez, garantizando así unas clases de educación física de calidad que favorecieran el correcto desarrollo de los niños desde que comienzan a realizar actividad física hasta que llegan al término de su etapa adolescente. Esto es importante ya que es en estas etapas cuando se comienza a forjar lo que será la estructura ósea, calidad del sistema musculoesquelético y salud física en general de esos niños que posteriormente se convertirán en adultos.

Del mismo modo, se presenta interesante el aumento de evidencia en cuanto a similitudes y diferencias de los efectos producidos por el entrenamiento de fuerza en el desarrollo de varones frente al de mujeres.

Por otro lado, en futuras líneas de investigación, sería interesante expandir evidencias de los efectos sobre la longevidad y salud general que resultan, en la etapa adulta, de la iniciación al entrenamiento de fuerza desde la etapa de la niñez.

7. CONCLUSIONES

Tras la realización de esta revisión sistemática y, en base a los objetivos establecidos previamente, podemos extraer diversas conclusiones sobre los efectos del entrenamiento de fuerza en el desarrollo de niños y adolescentes.

Salud ósea:

Podemos afirmar que el entrenamiento de fuerza aplicado en niños preadolescentes produce una mejora en la salud de su sistema esquelético y composición general de las estructuras óseas.

Relación masa magra/masa grasa

Concluimos que el entrenamiento de fuerza mejora la composición corporal de niños preadolescentes y adolescentes, resultando en la mejoría de sus valores de masa magra y masa grasa (aumento de masa magra y reducción de masa grasa). Por este motivo, concluimos igualmente que el entrenamiento de fuerza previene el sobrepeso y la obesidad de niños y adolescentes.

Función musculoesquelética

Podemos concluir que el entrenamiento de fuerza produce una mejora de la función musculoesquelética en niños y adolescentes. Dicha mejora se ve reflejada en un aumento significativo de los valores de fuerza y masa muscular en la pubertad o etapas previas cercanas (a partir de los 10 años).

Se concluye por tanto que el entrenamiento de fuerza tiene, en términos generales, efectos positivos sobre el desarrollo de niños y adolescentes, produciendo mejoras en su composición corporal y función musculoesquelética.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbieri, D. & Zaccagni, L. (2013). Strength training for children and adolescents: benefits and risks. *Collegium antropologicum*, 37(2), 219-225.
- Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M. & Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *PediatrExercSci*. <https://doi.org/10.1123/pes.23.2.186>.
- Bernardoni, B., Thein-Nissenbaum, J., Fast, J., Day, M., Li, Q., Wang, S. & Scerpella, T. (2014). A school-based resistance intervention improves skeletal growth in adolescent females. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 25(3), 1025–1032. <https://doi-org/10.1007/s00198-013-2535-y>.
- Bompa, T. & Carrera, M. (2015). *Conditioning Young Athletes*. Human Kinetics.
- Cunha, G. D. S., Sant'anna, M. M., Cadore, E. L., Oliveira, N. L., De Santos, C. B. D., Pinto, R. S. & Reischak-Oliveira, A. (2015). Physiological adaptations to resistance training in prepubertal boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(2), 172–181. <https://doi-org/10.1080/02701367.2014.982782>.
- Doyle, F., Brown, J. & Lachance, C. (1970). Relation between bone mass and muscle weight. *The Lancet*, 1(7643), 391–393. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(70\)91520-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(70)91520-5).
- Faigenbaum, A.D. & Myer, G. (2012). Exercise deficit disorder in youth: Play now or play later. *Curr Sports Med Rep.*, 11, 196–200.
- Falk, B. & Eliakim, A. (2003). Resistance training, skeletal muscle and growth. *Pediatr Endocrinol Rev.*, 1(2), 120–127.

- Granacher, U., Goesele, A., Roggo, K., Wischer, T., Fischer, S., Zuerny, C., Gollhofer, A. & Kriemler, S. (2011). Effects and mechanisms of strength training in children. *International journal of sports medicine*, 32(5), 357–364. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271677>.
- Gunter, K.B., Almstedt, H.C. & Janz, K.F. (2012). Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exerc Sport Sci Rev.*, 40(1), 13–21.
- Hume, P. & Russell, K. (2014). Overuse Injuries and Injury Prevention Strategies for Youths. *Strength and Conditioning for Young Athletes: Science and Application*, 200–212.
- Jiménez-Pavón, D., Ortega, F.B., Valtueña, J., Castro-Piñero, J., Gómez-Martínez, S., Zaccaria, M., Gottrand, F., Molnár, D., Sjöström, M., González-Gross, M., Castillo, M.J., Moreno, L.A. & Ruiz, J.R. (2012). Muscular strength and markers of insulin resistance in European adolescents: the HELENA Study. *European journal of applied physiology*, 112(7), 2.455-65. <https://doi-org/10.1007/s00421-011-2216-5>.
- Kraemer, W., Fry, A., Frykman, P., Conroy, B. & Hoffman, J. (1989). Resistance training and youth. *Pediatr Exerc Sci.*, 1(4), 336–50.
- Larsen, M. N., Nielsen, C. M., Helge, E. W., Madsen, M., Manniche, V., Hansen, L., Hansen, P. R., Bangsbo, J. & Krstrup, P. (2018). Positive effects on bone mineralisation and muscular fitness after 10 months of intense school-based physical training for children aged 8-10 years: the FIT FIRST randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 52(4), 254–260. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-096219>.
- Lee, S., Libman, I., Hughan, K. S., Kuk, J. L., Barinas-Mitchell, E., Chung, H. & Arslanian, S. (2020). Effects of exercise modality on body composition and cardiovascular disease risk factors in adolescents with obesity: a randomized clinical trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 45(12), 1377–1386. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0993>.

- Lloyd, R. & Oliver, J. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J.*, 34, 61–72.
- 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.
- Lubans, D.R., Morgan, P.J., Cliff, D.P., Barnett, L.M. & Okely, A.D. (2010). Fundamental movement skills in children and adolescents: Review of associated health benefits. *Sports Med.*, 40(12), 1019–35.
- Malina, R. (2008). Skill acquisition in childhood and adolescence. The Young Athlete. *Blackwell Publishing, Inc.*, 96–111.
- Meiring, R. M., Micklesfield, L. K., Avidon, I. & McVeigh, J. A. (2014). Osteogenic effects of a physical activity intervention in South African black children. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 14(3), 276–285.
- Myer, G.D., Faigenbaum, A.D., Ford, K., Best, T., Bergeron, M. & Hewett, T. (2011). When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Curr. Sports Med Rep.*, 10, 155–166.
- 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>.
- Schranz, N., Tomkinson, G., Parletta, N., Petkov, J. & Olds, T. (2014). Can resistance training change the strength, body composition and self-concept of overweight and obese adolescent males? A randomised

controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 48(20), 1482–1488.
<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092209>.

Tanner, J.M. (1990). *Foetus into Man: Physical Growth from Conception to Maturity*. Cambridge: Harvard University Press. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.ep11748971>.

Ten Hoor, G.A., Sleddens, E.F., Kremers, S.P., Schols, A.M., Kolk, G. & Plasqui, G. (2015). Aerobic and strength exercises for youngsters aged 12 to 15: what do parents think? *BCM Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2328-7>.

Waugh, C. M., Korff, T., Fath, F. & Blazevich, A. J. (2014). Effects of resistance training on tendon mechanical properties and rapid force production in prepubertal children. *Journal of Applied Physiology*, 117(3), 257–266. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00325.2014>.

