



**Universidad  
Zaragoza**

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

### **Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la salud ósea de los adolescentes: una revisión sistemática.**

Effects of strength training on bone health in  
adolescents: a systematic review.

Autor

Iván Ochoa Macua

Director

Borja Muñoz Pardos (Departamento de Fisiatría y Enfermería)

Fecha de presentación: 07/07/2021

*A mis padres, por permitirme con su esfuerzo y trabajo diario, poder formarme para  
empezar a cumplir mi sueño.*

*Papá, Mamá...Lo hemos conseguido.*

**RESUMEN:** La ausencia de actividad física durante la adolescencia puede desencadenar en esta población graves problemas en su desarrollo físico. Asimismo, el objetivo de esta revisión sistemática fue estudiar los efectos de diferentes entrenamientos de fuerza (ENF) sobre la salud ósea (SO) de dicha población.

El análisis de los resultados evidenció la importancia de incluir ENF dirigidos por un profesional y en especial de ENF de impacto entre los adolescentes, para lograr un correcto desarrollo óseo y reducir la probabilidad de sufrir osteoporosis en la edad adulta.

Los hallazgos encontrados en este trabajo suscitan la necesidad de crear actividades dirigidas entre los adolescentes orientadas al ENF, además se recomienda seguir investigando para determinar las dosis mínimas de ENF necesarias para obtener una respuesta ósea óptima en adolescentes, para así prevenir problemas óseos en el futuro, como la osteopenia o la osteoporosis.

**OBJETIVOS:** El primer objetivo de esta revisión sistemática fue conocer los efectos de diferentes ENF sobre la SO de los adolescentes. Además de estudiar qué tipo de ENF es el más idóneo en la mejora del contenido mineral óseo (CMO) y la densidad mineral ósea (DMO) de los chicos y chicas adolescentes.

**METODOS:** Se realizó una búsqueda bibliográfica entre los meses de Marzo y Abril de 2021, utilizando las bases de datos Cochrane, MedLine (PubMed), Scopus, SportDiscus y Web of Science. Se incluyeron en esta revisión un total de 11 artículos (dos estudios longitudinales (EL), cinco ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECCA), dos ensayos controlados no aleatorios (ECNA) y dos estudios transversales (ET)).

**RESULTADOS:** En esta revisión se incluyeron un total de 11 estudios. Nueve estudios obtuvieron resultados positivos, ya que los participantes incluidos en el grupo experimental (GE) o de intervención mostraron una mejora significativa en la DMO, CMO o masa ósea (MO) respecto a los participantes de control (GC). Sólo dos estudios no encontraron efectos en la SO después de una intervención de 16 y 26 semanas de intervención.

**CONCLUSIONES:** La actividad física (AF) y especialmente el ENF de impacto durante la adolescencia pueden conducir a una mayor mineralización ósea. Para ello parece necesario aplicar ENF individualizado y guiado por un profesional, con un estrés muscoloesteletico suficiente en adolescentes para estimular la formación de hueso. Lo interesante de este hecho, es que una mayor DMO durante la adolescencia podría minimizar el riesgo de padecer futuras enfermedades óseas, como la osteopenia o la osteoporosis.

**PALABRAS CLAVE:** Adolescentes, Contenido Mineral Óseo, Densidad Mineral Ósea, Masa Ósea y Entrenamiento de Fuerza.

**ABSTRACT:** The absence of physical activity during adolescence can lead to serious problems in physical development in this population. Likewise, the aim of this systematic review was to study the effects of different strength training (ENF) on bone health (SO) in this population.

The analysis of the results showed the importance of including professionally led ENF, especially impact ENF among adolescents, in order to achieve proper bone development and reduce the likelihood of osteoporosis in adulthood.

The findings of this study suggest the need for targeted ENF activities among adolescents, and further research is recommended to determine the minimum doses of

ENF needed for optimal bone response in adolescents to prevent future bone problems such as osteopenia or osteoporosis.

**PURPOSE:** The first objective of this systematic review was to find out the effects of different ENF on SO in adolescents. In addition to studying which type of ENF is the most suitable for improving bone mineral content (CMO) and bone mineral density (DMO) in adolescent boys and girls.

**METHODS:** A literature search was conducted between March and April 2021, using Cochrane, MedLine (PubMed), Scopus, SportDiscus and Web of Science databases. A total of 11 articles were included in this review (two longitudinal studies (EL), five randomised controlled clinical trials (ECCA), two non-randomised controlled trials (ECNA) and two cross-sectional studies (ET).

**RESULTS:** A total of 11 studies were included in this review. Nine studies had positive results, with participants included in the experimental (GE) or intervention group showing a significant improvement in DMO, CMO or bone mass (MO) over control participants (GC). Only two studies found no effect on SO after 16 and 26 weeks of intervention.

**CONCLUSIONS:** Physical activity (AF) and especially impact ENF during adolescence can lead to increased bone mineralisation. This seems to require individualised, professionally guided ENF with sufficient musculoskeletal stress in adolescents to stimulate bone formation. Interestingly, increased DMO during adolescence may minimise the risk of future bone diseases, such as osteopenia or osteoporosis.

**KEY WORDS:** Adolescents, Bone Mineral Content, Bone Mineral Density, Bone Mass and Strength Training.

**Listado de abreviaturas:**

AF: Actividad Física.

CCAFD: Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

CMO: Contenido Mineral Óseo.

GC: Grupo Control.

GE: Grupo Experimental.

DMO: Densidad Mineral Ósea.

DXA: Absorción de rayos X de doble energía.

ECCA: Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado

ECNA: Ensayo Controlado No Aleatorio.

EF: Ejercicio Físico.

EL: Estudio Longitudinal.

ENF: Entrenamiento de Fuerza.

ET: Estudio Transversal.

MO: Masa Ósea.

SO: Salud Ósea.

TFG: Trabajo Fin de Grado.

VTC: Vibración de Todo el Cuerpo.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Introducción.....                          | 8  |
| Justificación .....                        | 8  |
| Contextualización .....                    | 9  |
| Marco teórico.....                         | 10 |
| Entrenamiento de fuerza y hueso .....      | 10 |
| Mediciones óseas .....                     | 12 |
| Objetivos e hipótesis.....                 | 13 |
| Objetivo general.....                      | 13 |
| Objetivos específicos .....                | 13 |
| Hipótesis .....                            | 13 |
| Métodos .....                              | 14 |
| Criterios de elegibilidad.....             | 14 |
| Criterios de inclusión .....               | 14 |
| Criterios de exclusión .....               | 15 |
| Bases de datos .....                       | 15 |
| Estrategia de búsqueda.....                | 15 |
| Lista de datos .....                       | 17 |
| Resultados.....                            | 19 |
| Proceso de selección .....                 | 19 |
| Evaluación de la calidad metodológica..... | 20 |

|  |    |
|--|----|
| Participantes.....                               | 21 |
| Tipos de entrenamiento.....                      | 21 |
| Evaluación de las mediciones óseas .....         | 21 |
| Equipos de medición ósea.....                    | 22 |
| Discusión: .....                                 | 29 |
| Densidad mineral ósea .....                      | 29 |
| Contenido mineral óseo .....                     | 33 |
| Tipos de entrenamiento de fuerza .....           | 34 |
| Conclusiones .....                               | 37 |
| Limitaciones de la revisión .....                | 37 |
| Más información.....                             | 39 |
| Aplicaciones prácticas y perspectiva futura..... | 39 |
| Fuentes de financiación .....                    | 39 |
| Conflictos de interés competitivos.....          | 39 |
| Referencias bibliográficas .....                 | 40 |



## Introducción

### Justificación

El presente documento recoge el Trabajo Fin de Grado (TFG) del Grado Universitario de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CCAFD) de la Universidad de Zaragoza. Es un documento académico específico, de modalidad 1 según la guía docente de la asignatura de TFG. El mencionado trabajo consiste en una revisión sistemática, que estudia el efecto de diferentes ENF en la SO, en específico en la DMO y el CMO de los adolescentes.

La elección del tema de este TFG se basa en los objetivos y a las competencias propias del grado universitario de CCAFD, destacando la competencia profesional de: “Seleccionar, recoger, elaborar e interpretar de forma adecuada, información pertinente relacionada con las actividades físico deportivas” (Docente, 2020).

La elección de dicha temática para esta revisión sistemática, se debe al interés propio, tanto profesional como personal, de mejorar y ampliar mis conocimientos sobre el ENF en los adolescentes.

Al analizar, estudiar y comparar diferentes registros y estudios, he podido conocer de forma adecuada algunos de los efectos de este tipo de entrenamiento sobre la SO de esta población. A su vez, las conclusiones que aparecen en este TFG, podrán ser tenidas en cuenta al realizar una planificación deportiva o en futuros estudios relacionados con los adolescentes.

A continuación se presenta la contextualización de este TFG, centrada en enmarcar los diferentes términos de estudio que aparecen en esta revisión sistemática. Posteriormente

se presentarán los objetivos e hipótesis previos a la elaboración de este documento académico.

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que analiza la relación entre diferentes tipos de ENF y sus efectos en la SO de los adolescentes deportistas y SED.

### Contextualización

Varios estudios (McKay et al., 2000; Nelson & Koo, 1999) han sugerido que la DMO y CMO, son las mejores medidas para estudiar la SO de los adolescentes en crecimiento, por lo tanto esta revisión sistemática se focaliza en el estudio de ambas medidas.

Existe una arraigada creencia entre la población de que ENF es perjudicial para la maduración del esqueleto de los jóvenes, esta opinión parece no coincidir con los resultados de algunos trabajos (Drinkwater, 1995; Faigenbaum et al., 2009) que muestran que la pre pubertad y la adolescencia son el momento en que los procesos de modulación ósea responden mejor a las cargas mecánicas impuestas por la AF.

Por lo tanto y según apuntan varios estudios (Arnett & Lutz, 2002; Barnekow-Bergkvist et al., 2006; Vlachopoulos et al., 2018), el EF durante la infancia y la adolescencia puede mejorar el CMO y la DMO y sus beneficios se mantienen en la edad adulta.

Del mismo modo, una masa ósea (MO) baja durante la adolescencia se asocia con un mayor riesgo de fractura y de sufrir osteoporosis en la edad adulta (Vlachopoulos et al., 2018). En esta misma línea Parfitt en 1984 (Parfitt, 1984) destacó el CMO y la DMO son determinantes para la resistencia del hueso frente a posibles fracturas. Posteriormente, en 1993 Conro y colaboradores mostraron en su estudio (Conro et al., 1993), que la creación y establecimiento de hábitos de EF adecuados en la juventud puede aumentar su DMO.

Igualmente, numerosos artículos han concluido que la práctica del deporte o de AF de impacto durante la adolescencia favorece el aumento de la DMO (Nurmi-Lawton et al., 2004; Vicente-Rodriguez et al., 2007) y que la adolescencia es el periodo crítico para el correcto desarrollo del pico de MO, debido al aumento exponencial del tejido óseo (Nichols et al., 2007).

También se ha sugerido que la osteoporosis en las mujeres podría prevenirse o retrasarse maximizando el pico de MO (Hansen et al., 1991) mediante la modificación de las influencias del estilo de vida, como la AF y la dieta, durante los años de la infancia y la adolescencia (Blimkie et al., 1996).

## **Marco teórico**

### **Entrenamiento de fuerza y hueso**

Como hemos podido observar, la AF y concretamente el ENF en la juventud favorece la consecución de un pico óptimo de MO (Vicente-Rodríguez, 2006), el 90% de la cual se adquiere a los 18 años (Bailey et al., 1999), lo que influye en gran medida en el mantenimiento de una correcta SO a lo largo de la vida. Además, existen evidencia científica que la AF disminuye en la adolescencia (Booth et al., 2002), especialmente entre las chicas (Stone et al., 1998).

Uno debe tener en cuenta que no todos los deportes tienen el mismo efecto sobre la DMO o el CMO, ya que estos pueden diferir según la intensidad del impacto de la actividad, por ejemplo, el ejercicio sin carga de peso en comparación con las actividades de bajo, moderado y de alto impacto (Gruodyte et al., 2010).

En particular, deportes como la natación (Gómez-Bruton et al., 2013) o el ciclismo (Olmedillas et al., 2012) parecen ser inoperantes en el desarrollo de la DMO debido a la

falta de impacto en las extremidades inferiores (Gómez-Bruton et al., 2013; Olmedillas et al., 2012). Este hallazgo puede explicarse por la teoría del mecanostato, que indica que los huesos adaptan su fuerza y CMO en respuesta a la tensión causada por las cargas fisiológicas externas hasta cierto punto (E Schoenau, 2005).

En esta línea, ya que como apunta (Jiménez Reyes, 2013) en su libro “*Entrenamiento de Fuerza, nuevas perspectivas metodológicas*”, todas las manifestaciones de fuerza son el fruto de una determinada aplicación de fuerza ante una carga definida. Del mismo modo, la fuerza aplicada es la interrelación entre la fuerza externa que supone la carga a movilizar y la fuerza interna que generan los músculos esqueléticos.

Entre los tipos de entrenamiento de fuerza más interesantes para mejorar la salud ósea, el entrenamiento con vibraciones está recibiendo mucha atención con el objetivo de mejorar ciertos aspectos de la composición corporal como la MO (Wysocki et al., 2011). De hecho y según apuntan Matute-Llorente y colaboradores (Matute-Llorente et al., 2014) en su revisión sistemática, el entrenamiento de vibración de todo el cuerpo (VTC) se ha convertido en el tratamiento de vibración más popular del mundo. Este tipo de ENF es de gran interés entre los resultados que conforman esta revisión sistemática.

En un estudio realizado en 2010, (Slatkovska et al., 2010) los autores apuntan que el entrenamiento VTC aporta beneficios óseos en población sana, aunque señalan que son necesarias más intervenciones para concretar estos beneficios. Esta terapia de entrenamiento puede aplicarse mientras se está de pie o realizando ejercicio en la plataforma (Rauch et al., 2010).

## Mediciones óseas

Uno de los puntos clave en el estudio del efecto del ENF en adolescentes de esta revisión sistemática es el método de medición de los valores óseos, ya que sus resultados difieren en los valores de DMO y CMO.

De acuerdo con Krahenbuhl y colaboradores (Krahenbuhl et al., 2016) se han utilizado diferentes métodos para medir el estado mineral óseo en adolescentes, como la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA), la tomografía computarizada cuantitativa periférica y la técnica de ultrasonido cuantitativo.

La DXA se ha utilizado ampliamente para medir la DMO y el CMO en adolescentes (Arnett & Lutz, 2002; Nichols et al., 2001; Witzke & Snow, 2000). Los estudios que utilizan este método de evaluación, DXA, con atletas de diferentes deportes han demostrado que el aumento de la DMO es más pronunciado en los lugares que experimentan un mayor impacto asociado a cada tipo de deporte (Andreoli et al., 2000; Gruodyte et al., 2010), como por ejemplo en el cuello del fémur o en la columna lumbar en el caso de deportistas que practican gimnasia rítmica (Gruodyte et al., 2010).

La técnica de ultrasonido cuantitativo es otro método muy extendido para evaluar las propiedades óseas, que se basa en el análisis de parámetros específicos derivados de las ondas sonoras que atraviesan el hueso cortical y trabecular (Glüer, 1997). Sin embargo, pocos estudios han utilizado la técnica de ultrasonido cuantitativo para investigar la influencia del ejercicio en las propiedades óseas, especialmente entre los adolescentes (Krahenbuhl et al., 2016).

## Objetivos e hipótesis

### Objetivo general

El objetivo general de esta revisión sistemática fue determinar los efectos de diferentes ENF en la salud ósea de los adolescentes.

### Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este TFG fueron:

- Examinar las asociaciones del ENF con la SO de los adolescentes.
- Conocer cuál es el ENF más apropiado para la mejora de la DMO y el CMO en los adolescentes.
- Profundizar en el estudio del ENF en adolescentes y en sus futuras aplicaciones prácticas.
- Comprobar si los chicos y las chicas adolescentes experimentas efectos similares en su DMO y CMO tras una intervención de ENF.

### Hipótesis

De acuerdo con los estudios previos donde se examina el efecto de un ENF en CMO (Blinkie et al., 1996; Vlachopoulos et al., 2018) y en la DMO (Conro et al., 1993; Nichols et al., 2001) de chicos y chicas adolescentes, se plantea como hipótesis de partida que después de aplicar un ENF en adolescentes su CMO y DMO, se vería mejorada.

## Métodos

### Criterios de elegibilidad

Esta revisión sistemática ha sido realizada de acuerdo a las pautas establecidas en la guía Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta – Analyses (PRISMA) (Page et al., 2021). En relación a la pregunta de investigación que fue precisada con la estrategia: Populations, Intervention, Comparison, Outcomes, Study Desing (PICOS) (Mamédio et al., 2007). Dicha estrategia se estableció de la siguiente manera: P-Población, “adolescentes sanos, deportistas o no deportistas, de entre 13 y 18 años de edad”; I-Intervención, “diferentes tipos de ENF”; C- Comparación, “de los efectos de diferentes ENF con un grupo de control que realizo otro tipo de AF que no sea ENF o con un grupo de adolescentes sedentarios”; O-Resultados, DMO y CMO; S-Study Desing, “longitudinales y ensayos controlados aleatorios y ensayos controlados”.

### Criterios de inclusión

Se usaron los siguientes criterios de inclusión: 1) diseño de estudios: transversales, longitudinales y ensayos clínicos controlados aleatorios y ensayos controlados no aleatorios de los diferentes tipos de ENF: entrenamiento con cargas externas, entrenamientos con pesas libres, maquinas guiadas o con el propio peso corporal, entrenamiento en plataformas vibratorias y entrenamiento pliometrico; 2) tipos de participantes: adolescentes sanos, deportistas o no deportistas, de entre 13 y 18 años de edad; 3) estudios donde se realicen mediciones de parámetros óseos tales como la DMO y el CMO; 4) duración mínima de los estudios 16 semanas.

## Criterios de exclusión

Se usaron los siguientes criterios de exclusión: 1) estudios en lenguajes distintos al español o inglés; 2) datos sin publicar; 3) estudios con animales; 4) estudios que no especifican métodos de medición; 5) participantes con lesiones musculoesqueléticas u otras patologías; 6) intervenciones con niños, adultos o personas mayores; 7) intervenciones de ENF donde no se examinan parámetros óseos; 8) intervenciones que combinen suplementación con el ENF.

## Bases de datos

En primer lugar se llevó a cabo una reunión con el director de este TFG, Borja Muñiz Pardos, donde consensuamos y decidimos el tema de estudio de esta revisión sistemática, el cual fue aprobado en Febrero de 2021 por la Comisión de Garantía de la Universidad de Zaragoza.

Después de obtener la aprobación de la Comisión de Garantía de la Universidad de Zaragoza, se realizó una búsqueda sistemática en la literatura científica entre Marzo y Abril de 2021, donde se identificaron los registros (Figura 1) que coincidían con el objetivo de investigación, utilizando diferentes bases de datos como: Cochrane, MedLine (PubMed), Scopus, SportDiscus y Web of Science. Los términos utilizados en todas las bases de datos fueron similares, pero se modificaron según los requisitos de las respectivas guías de búsqueda.

## Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda utilizada para identificar los artículos en PubMed fue: (((("Resistance Training"[Mesh] OR "strength training") AND "Bone and Bones"[Mesh]) OR "Bone Density"[Mesh]) OR "bone health" OR "bone mass").



A esta búsqueda, se aplicaron los siguientes filtros en la búsqueda: “*Randomized Controlled Trial, English, Spanish, Adolescent: 13-18 years*”.

Para Cochrane, Scopus, SportDiscus y Web of Science la estrategia de búsqueda fue la siguiente: ("Resistance Training" OR "strength training") AND ("Bone and Bones" OR "Bone Density" OR "bone health" OR "bone mass") AND ("adolescents" OR "adolescence" OR "teenager").

## Lista de datos

Los datos que han sido examinados en todos los artículos de esta revisión sistemática han sido:

- Particularidades de la población: número de participantes, edad, sexo y su experiencia deportiva.
- Tipo de intervención: estudios transversales, longitudinales y ensayos controlados aleatorios y ensayos controlados de los diferentes tipos de ENF.
- Duración de la intervención: semanas.
- Descripción de la intervención: tipo de entrenamiento.
- Variables evaluadas en la intervención y método de medición de las mismas.

**Tabla 1.** *Evaluación de la confianza.*

| Estudio                     | Criterios de inclusión | Asignación de los participantes al azar | Asignación oculta | Similitud en la línea de base | Participantes cegados | Terapeutas cegados | Evaluar cegado | > 85% Seguimiento | Intención de tratar análisis | Comparación entre grupos | Medidas puntuales y de variabilidad | Puntos totales |
|-----------------------------|------------------------|---|-------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------|
| (Álvarez et al., 2011)      | S                      | N                                       | N                 | S                             | N                     | N                  | N              | S                 | S                            | S                        | S                                   | 5              |
| (Arnett & Lutz, 2002)       | S                      | S                                       | S                 | S                             | S                     | S                  | S              | N                 | S                            | S                        | S                                   | 9              |
| (Blimkie et al., 1996)      | S                      | N                                       | N                 | S                             | N                     | S                  | N              | N                 | S                            | S                        | S                                   | 5              |
| (Bubanj et al., 2017)       | S                      | N                                       | N                 | S                             | N                     | N                  | N              | S                 | S                            | S                        | S                                   | 5              |
| (Conro et al., 1993)        | S                      | S                                       | N                 | S                             | N                     | N                  | N              | S                 | S                            | S                        | S                                   | 6              |
| (Gómez-Bruton et al., 2017) | S                      | S                                       | S                 | S                             | N                     | N                  | N              | S                 | S                            | S                        | S                                   | 7              |
| (Krahenbuhl et al., 2016)   | S                      | N                                       | N                 | S                             | N                     | N                  | N              | S                 | S                            | S                        | S                                   | 5              |
| (Murphy et al., 2006)       | S                      | S                                       | S                 | S                             | N                     | N                  | N              | S                 | S                            | S                        | S                                   | 7              |
| (Nichols et al., 2001)      | S                      | S                                       | S                 | S                             | S                     | N                  | N              | N                 | S                            | S                        | S                                   | 7              |
| (Vlachopoulos et al., 2018) | S                      | S                                       | S                 | S                             | N                     | N                  | N              | N                 | S                            | S                        | N                                   | 5              |
| (Weeks et al., 2008)        | S                      | S                                       | S                 | S                             | S                     | N                  | N              | N                 | S                            | S                        | S                                   | 7              |

N: *criterio no cumplido*; S: *criterio cumplido*.

## Resultados

En relación con los objetivos (principal y secundarios) de esta revisión sistemática, se exponen en la Tabla 1 los resultados de la búsqueda realizada en las bases de datos anteriormente mencionadas.

Estos resultados predicen que un ENF bien estructurado y planificado en base a las características fisiológicas y deportivas de los adolescentes pueden mejorar su salud ósea. En cuanto al tipo de ENF parece que las intervenciones que produzcan un impacto articular pueden mejorar los valores óseos de los adolescentes.

## Proceso de selección

La búsqueda aportó un total de 639 registros. De ellos, 15 fueron referencias duplicadas en las distintas bases de datos. Además, 615 documentos fueron excluidos en virtud de su título y contenido descrito en los resúmenes. Finalmente se procedió a la evaluación completa de 23 artículos, de los cuales 12 fueron desestimados por incumplimiento de los criterios de inclusión.

Los 11 artículos restantes cumplieron todos los criterios de inclusión. Se detalla en (Tabla 1) los perfiles de las muestras, las intervenciones llevadas a cabo, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

Cabe destacar que varios artículos midieron más variables que la DMO o el CMO, si bien, dichas variables no han sido atendidas en este trabajo por no formar parte del objetivo de este estudio.

## Evaluación de la calidad metodológica

De acuerdo con (Fàbregues Feijóo & Serra Sutton, 2019), es necesario evaluar la calidad de los estudios incluidos en la revisión. Así pues, para la evaluación de la certeza se ha utilizado la herramienta de evaluación de calidad PEDro, en la cual se han sistematizado los principios de calidad metodológica en un número reducido y estructurado de criterios, los cuales paso a citar: 1. Los criterios de elección fueron especificados. 2. Los participantes fueron asignados al azar a los grupos. 3. La asignación fue oculta. 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes. 5. Todos los participantes fueron cegados. 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas en más del 85% de los participantes inicialmente asignados a los grupos. 9. Se presentaron resultados de todos los participantes que recibieron tratamiento o fueron asignados al GC, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados con “intención de tratar”. 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

Cada estudio deberá ser evaluado de forma independiente y si otorgaran los puntos cuando el criterio se cumpla claramente. Por lo tanto, si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se deberá otorgar la puntuación para ese criterio.

La Tabla 2 resume los estudios relativos al ENF en adolescentes y sus efectos sobre la SO. Para una mejor comprensión, dividimos los resultados en las siguientes secciones: participantes, tipos de entrenamiento, evaluación de las mediciones óseas y equipos de medición ósea.

### Participantes

Los 11 artículos que forman esta revisión sistemática evalúan a un total de 949 adolescentes, de los cuales 658 eran chicas y 291 chicos. El rango de edad de estos participantes va desde los 13 a los 18 años.

### Tipos de entrenamiento

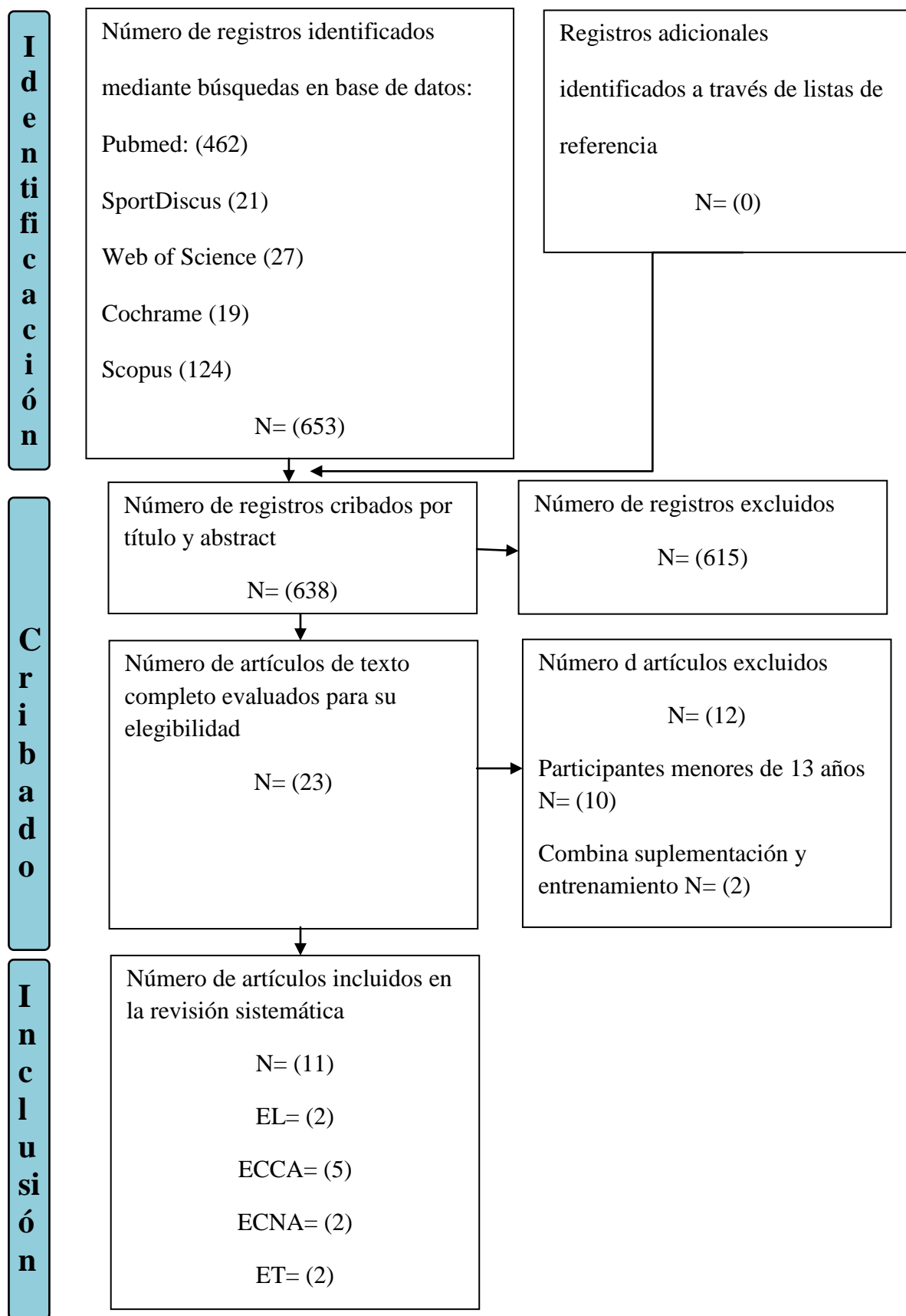
Respecto a los diferentes tipos de ENF encontramos: 6 estudios donde se llevo a cabo una intervención de entrenamiento con pesas libres, maquinas guiadas o con el propio peso corporal, 1 estudio cuya intervención consistió en un entrenamiento en plataformas vibratorias y 4 estudios en el que se llevo a cabo entrenamiento pliometrico.

### Evaluación de las mediciones óseas

En relación a las mediciones óseas examinadas por los estudios que componen esta revisión sistemática, apuntamos que en 4 estudios la DMO fue la única medición ósea de la intervención, 2 estudios donde el CMO fue la única medición ósea, 1 estudio en el cual se examino el CMO y el índice de rigidez ósea, 1 estudio donde se examino la MO, DMO y CMO, 1 estudio en el cual estudiaron la MO y por ultimo 2 estudios que midieron el índice de rigidez ósea.

## Equipos de medición ósea

En relación a los equipos de medición ósea utilizados en los estudios que conforman esta revisión sistemática indicamos que el método más común en estos estudios es el DXA, ya que fue utilizado en 7 artículos como equipo de medición ósea principal y en 2 artículos como equipo de medición ósea complementario a la técnica de ultrasonido cuantitativo, esta técnica de medición ósea fue empleada como equipo de medición ósea principal en 2 estudios.



**Figura 1.** Diagrama de flujo. NOTA. Adaptado de PRISMA 2020.



**Tabla 2.** Resumen de los artículos incluidos en la revisión.

| Estudio                | Población     |                              |          | Intervención             |                      |      | Descripción de la intervención  | Variables Evaluadas                           | Resultados  | Conclusiones   |
|------------------------|---------------|------------------------------|----------|--------------------------|----------------------|------|---|---|---|--|
|                        | N<br>(GE/GC)  | E                            | S        | EX<br>ENT                | D<br>(SE)            | Tipo |   |   |   |  |
| (Álvarez et al., 2011) | 39<br>(20/19) | GE y<br>GC:<br>13 -<br>16    | M –<br>F | GE:<br>SI y<br>GC:<br>NO | 104<br>SE            | EL   | ENF + EDE a GE se compararon con GC.<br>GE y GC EF de 50´ 2 V/SE (70 SES).<br>ENF: 3 x 8 sentadillas, (56% 1RM), RECU de 3´<br>Cada 8 SES se aumentó la CAB.<br>CMJ (3 X 6 saltos sin carga adicional). | DMO de CL (L2-L4) y CA<br>Mediante DXA.       | GE aumento mayor de la DMO L2-L4 que GC.  | Estos resultados sugieren que el EDE combinado con un EF ayuda a tener una mayor DO en la CL.  |
| (Arnett & Lutz, 2002)  | 37<br>(25/12) | GE y<br>GC:<br>14.7<br>± 0.7 | F        | GE y<br>GC:<br>NO        | 16 SE<br>(64<br>SES) | ECNA | GE: LV: 5´ SCD<br>HV: 10´SCD. GC: SED.  | IRO y CMO mediante QUS y DXA respectivamente. | No diferencias significativas entre GE y GC   | Ningún estudio ha evaluado si existe una relación dosis – respuesta para la modificación de la MO del hueso calcáneo en chicas ADO.  |
| (Blimkie et al., 1996) | 36<br>(18/18) | GE y<br>GC:<br>14 –<br>18    | F        | GE y<br>GC:<br>NO        | 26 SE<br>(69<br>SES) | ECNA | ENF: 4 x 13 ejercicios de IV y PRO realizados 3 V/ SES máquinas de resistencia hidráulica.  | CMO mediante DXA.                             | ENF produjo aumentos de la FU en CMO, mientras que no hubo cambios significativos en el GC. | RT produjo una tendencia a un aumento transitorio del CMO del CL durante las primeras 13 SES. No hubo cambios significativos. en el CMO del CT o de CL después de 26 SES de ENF. |

|                             |               |   |          |                          |                       |                               |  |   |  |  |
|-----------------------------|---------------|---|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|---|--|--|
| (Bubanj et al., 2017)       | 60<br>(45/15) | GE y<br>GC:<br>17 –<br>18                         | M        | GE:<br>SI y<br>GC:<br>NO | 36 SE<br>(100<br>SES) | ECNA                          | ENF en velocistas, que fueron divididos en tres grupos:<br><br>GE1: (60% 1RM, 8-12 REP). GE2: (70% 1RM, 5-8 REP). GE3: (85% 1RM, 2-4 REP).                         | DMO del calcáneo izquierdo y derecho.         | Aumentaron los parámetros de DMO en todos los participantes.   | No está claro hasta qué punto el programa de ENF real afectó a los parámetros de FE, FM y DMO.   |
| (Conro et al., 1993)        | 36<br>(25/11) | GE:<br>17 –<br>18.<br><br>GC:<br>16 –<br>17       | M        | GE:<br>SI y<br>GC:<br>NO | 26 SE                 | ET                            | GE: Se evaluó la CMLD de levantamientos para cada atleta de las competiciones de 26 SES. Además se registraron tres levantamientos de sentadilla con 3RM. GC: SED. | DMO mediante DXA en CL y FP.                  | Los valores de DMO de GE resultaron ser significativamente mayores en todos los sitios en comparación con GC.                                      | En los levantadores de pesas junior de élite, la FU muscular, tiene una gran influencia en la DMO debido a las sobrecargas crónicas experimentadas en el EN. |
| (Gómez-Bruton et al., 2017) | 63<br>(40/23) | GE:<br>14,2<br>± 1,9.<br><br>GC:<br>15,0<br>± 2,2 | M –<br>F | GE y<br>GC:<br>SI        | 26 SE<br>(72<br>SES)  | EL<br>dentro<br>de un<br>ECCA | 40 nadadores completaron VTC de 15' de ENF 3 V / SE durante 26 SE. Mientras que 23 nadadores continuaron con su EDN El GE se dividió en 3 grupos.                  | MO, DMO y el CMO mediante DXA en CT, CL y CA. | No se encontraron interacciones grupo por tiempo ni diferencias en el porcentaje de cambio para DMO, CMO o MM en ninguna de las variables medidas. | La VTC no tuvo ningún efecto sobre la MO o MM de los nadadores ADO.  |

|                           |     |                    |   |                 |       |      |   |   |   |  |
|---------------------------|-----|--------------------|---|-----------------|-------|------|---|---|---|--|
| (Krahenbuhl et al., 2016) | 329 | GE y GC: 13,0-16,7 | F | GE: SI y GC: NO | 24 SE | ET   | GE: 3V/ SE 2 + SES de EF<br>GC: 2 SES/SE de EF.   | IRO en las falanges de la mano no dominante mediante QUS. | Hubo una relación positiva entre el número de días y el tiempo total de entrenamiento por SE y los parámetros óseos.              | La práctica deportiva influye en los parámetros óseos y los valores más altos de estos parámetros se relacionan con la cantidad de tiempo y la frecuencia del entrenamiento semanal. |
| (Murphy et al., 2006)     | 90  | GE y GC: 16 – 17   | F | GE: NO y GC: NO | 24 SE | ECCA | AFD: 2 SES / SE dirigidas por un profesor de EF, donde se incluían ejercicios ontogénicos (saltar, correr...) + 2 SES de ET libre.<br>AFA: 3-4 SES / S, de 20-90', similares a AFD. | IRO en calcáneo del pie no dominante mediante QUS.        | GE y GC demostraron mejoras en BUA, SOS, IRO y AA. Las diferencias entre GE y el GC control fueron significativas para BUA y IRO. | Las ADO previamente inactivas pueden adherirse a un programa de AF.  |
| (Nichols et al., 2001)    | 67  | GE y GC: 14 – 17   | F | GE: NO y GC: NO | 65 SE | ECCA | GE: 30 a 45' / SES, 3 SES / SE utilizando 15 ejercicios de ENF con pesos libres y máquinas guiadas.<br><br>GC: SED <2 SES de ENF / SE.  | DMO mediante DXA del CF, CT y CL.                         | La DMO del CF aumentó en GE respecto al GC. No se observaron cambios en DMO de CL o DMO de CT en GE y GC.                         | ENF es un método potencial para aumentar la DMO en los ADO.  |

|                             |    |  |                              |          |                          |                    |                         |   |                                 |  |  |
|-----------------------------|----|--|------------------------------|----------|--------------------------|--------------------|-------------------------|---|---------------------------------|--|--|
| (Vlachopoulos et al., 2018) | 93 | GE:<br>NAD:19<br>FUT: 15<br>CI:14<br>GC:<br>NAD: 18<br>FUT:15<br>CI:12 | GE y<br>GC:<br>12 –<br>14    | M        | GE:<br>SI y<br>GC:<br>SI | 36 SE              | ECCA<br>dentro<br>de EL | GE: CMJ + su deporte.<br>GC: solo su deporte.                                   | CMO de CF y CL<br>mediante DXA. | El GE de CI<br>adquirió un CMO<br>de la CL mayor y<br>del CF que el GC<br>de CI.<br>GE de CI adquirió<br>un área transversal<br>que GC de NAT.<br>No hubo<br>diferencias GC de<br>NAT, GE de<br>FUT, GC de FUT<br>y CG de CI.                                    | Una intervención de<br>salto de 36 SE mejoró<br>los valores óseos en<br>ADO que practican<br>NAT y CI, pero no en<br>ADO que practican<br>FUT.   |
| (Weeks et al., 2008)        | 99 | GE:<br>GC:<br>GE:52<br>GC:47   | GE y<br>GC:<br>13.8<br>± 0.4 | M –<br>F | GE y<br>GC:<br>NO        | 32 SE<br>64<br>SES | ECCA                    | GE: 10' de actividad de<br>salto en lugar del CAL de<br>EDF.<br>GC: CAL de EDF. | MO a través de<br>DXA y QUS     | GE (chicos)<br>mejoras en la<br>BUA del<br>calcáneo. GC no.<br>GE (chicas)<br>mejoraron el<br>CMO del CF y de<br>CL más que GC.<br>Las<br>comparaciones<br>entre ambos<br>grupos mostraron<br>efectos de la<br>intervención sólo<br>para el CMO de<br>CT para M. | 10' de actividad de salto<br>2 SES / SE durante 32<br>SE durante la ADO<br>parecen mejorar la<br>acumulación de hueso<br>de manera específica<br>para M o F.<br>Los M aumentaron la<br>MO de CT y la BUA y<br>las F mejoraron la MO<br>de CA y CL. |

**AA:** aptitud aeróbica; **ADO:** Adolescentes; **AFA:** actividad física auto administrada; **AFD:** actividad física dirigida; **BUA:** atenuación de los sonidos de banda ancha; **CA:** cadera; **CAB:** carga absoluta; **CAL:** calentamiento; **CC:** composición corporal; **CF:** cuello femoral; **CI:** ciclismo; **CL:** columna lumbar; **CMDL:** capacidad máxima de levantamiento; **CMJ:** salto con contramovimiento; **CMO:** contenido mineral óseo; **CT:** cuerpo total; **D:** duración; **DMO:** densidad mineral ósea; **DXA:** absorciometría de fotones dual; **DXA:** la absorción de rayos X de doble energía; **E:** edad; **ECCA:** ensayo clínico controlado aleatorizado; **ECNA:** ensayo controlado no aleatorio; **EDE:** entrenamiento de esquí alpino; **EDF:** educación física; **EDN:** entrenamiento de natación; **EL:** estudio longitudinal; **EN:** entrenamiento; **ENF:** entrenamiento de fuerza; **ET:** estudio transversal; **EX:** experiencia; **F:** femenino; **FE:** fuerza explosiva; **FM:** fuerza máxima; **FP:** fémur proximal; **FU:** fuerza; **FUT:** fútbol; **GC:** grupo control; **GE:** grupo experimental; **HV:** alto volumen; **IRO:** índice de rigidez Ósea; **IV:** intensidad variable; **LV:** bajo volumen; **M:** masculino; **MM:** masa magra; **MO:** masa ósea; **MS1RM:** media sentadilla 1RM; **N:** número; **NAD:** natación; **PRO:** progresivo; **QUS:** técnica de ultrasonido cuantitativo; **RECU:** recuperación; **REP:** repeticiones; **RM:** repetición máxima; **S:** sexo; **SCD:** salto de cuerda; **SE:** semanas; **SED:** sedentario; **SES:** sesiones; **SOS:** velocidad del sonido; **V:** veces; **VTC:** vibración de todo el cuerpo.

## Discusión:

El objetivo principal de esta revisión sistemática era examinar el efecto del ENF en la DMO y el CMO de los adolescentes. La hipótesis de esta revisión sistemática se cumplió de manera parcial en los registros examinados.

### Densidad mineral ósea

Respecto a la mejora de la DMO, los resultados encontrados no coinciden totalmente con los estudios anteriores (Nurmi-Lawton et al., 2004; Parfitt, 1984; Vicente-Rodriguez et al., 2007), ya que el ENF no produjo mejoras significativas en todos los participantes de los registros examinados en esta revisión sistemática.

Los adolescentes representan una población única en el sentido de que, en su mayor parte aún no han alcanzado el pico de MO (Rico et al., 1992; Slosman et al., 1994) y la DMO sigue aumentando.

Por lo tanto, en 2001 Nichols y colaboradores (Nichols et al., 2001) llevaron a cabo un ECCA en un grupo de 67 chicas adolescentes de entre 14 y 17 años de edad, a las cuales se les dividió en dos grupos: GE y GC. Durante las 65 semanas de intervención las chicas que formaban el GE realizaron de 30 a 45 minutos al día, durante 3 días a la semana, utilizando 15 ejercicios típicos del ENF con pesos libres y máquinas guiadas. Mientras que las jóvenes que formaban el GC permanecieron sedentarias.

El principal hallazgo del presente estudio fue que 65 semanas de ENF aumentaron significativamente la DMO del cuello del fémur en las adolescentes, aunque los valores de DMO en otros lugares no cambiaron.

Otro estudio que ha examinado los efectos del ENF sobre la DMO en chicas jóvenes (Snow-Harter et al., 1992) ha demostrado, en general, aumentos de la DMO.

En uno de los pocos estudios publicados hasta la fecha sobre el ENF en chicas adolescentes, (Blimkie et al., 1996) no se encontraron aumentos significativos de la DMO o del CMO en la columna lumbar o en todo el cuerpo, aunque no midieron la DMO en la zona proximal del fémur.

Una de las principales diferencias entre los dos estudios es que en (Nichols et al., 2001) llevó a cabo durante 65 semanas, en comparación con sólo 26 semanas de entrenamiento en el estudio de (Blimkie et al., 1996).

Este hecho nos da pistas de que el ENF es un método potencial para aumentar la DMO en chicas adolescentes, aunque un programa de ejercicio de este tipo se tendría que alargar más allá de las 26 semanas de intervención.

A medida que pasaban los años, fue aumentando el interés por el estudio principal del efecto del ENF de la SO de los adolescentes, de manera que el primer estudio sobre el ENF y su efecto en la DMO de los chicos y chicas adolescentes fue realizado por (Álvarez et al., 2011).

Para llevar a cabo este estudio (Álvarez et al., 2011) se programó un ENF dirigido a adolescentes acostumbrados al EF, especialmente el esquí alpino y además se controló el entrenamiento de esquí durante 104 semanas.

Los efectos de este ENF se compararon con la evolución del rendimiento físico y el desarrollo corporal de un grupo de adolescentes SED de la misma edad (13-16 años) que formaban el GC, el cual asistía a clases de EF de 50 minutos de duración dos veces por semana, realizando de esta manera un total de 70 sesiones.

El ENF consistió en la ejecución de 3 series de 8 sentadillas (56% de RM), con un periodo de descanso de 3 minutos entre series. Cada 8 semanas, los participantes que formaban el GE realizaron una prueba en la que se aumento la carga absoluta mientras que la carga relativa se mantuvo prácticamente estable.

De manera paralela, se llevo a cabo una intervención de salto pliometrico, el cual estaba formado por 3 series de 6 saltos con un tiempo de recuperación de 3-4 segundos entre los saltos. Estos saltos se realizaron sin carga adicional y a la máxima altura que los adolescentes podían alcanzar. Además, se evaluó la DMO de las vertebrae L2 y L4 y de la cadera, mediante DXA al principio y al final de la intervención.

Tras 104 semanas, los chicos esquiadores que formaban el GE experimentaron un aumento significativo mayor de la DMO en las vertebrae L2 y L4 que los participantes sedentarios, en las chicas esquiadoras no se produjeron estos cambios en comparación con sus homólogos masculinos.

Esta falta de resultados en chicas, podría explicarse por el motivo de que la fase sensible para la mejora de la fuerza en chicas acaba alrededor de los 13 años de edad (Loko et al., 1996) Por lo tanto, como la fuerza no se incrementa y el desarrollo biológico se mejora poco con respecto al aumento del peso corporal, la mejora en la DMO se ve reducida.

Del mismo modo, algunos estudios indican que el aumento de la DMO durante la adolescencia está asociado a la AF (Nurmi-Lawton et al., 2004), y especialmente en aquellas actividades en las que el hueso recibe estímulos de impacto (Ginty et al., 2005) como los saltos.



Tras el estudio de los efectos del ENF acontecidos en los siguientes registros (Álvarez et al., 2011); Vlachopoulos et al., 2018), podemos asemejar estos resultados con los expuestos en estudios anteriores (Gruodyte et al., 2010; Eckhard Schoenau, 2005).

Asimismo, llegamos a percibir que este tipo de ENF (pliometría) proporciona un estímulo necesario para la mejora de la mineralización ósea en adolescentes. Aunque este argumento no sería aplicable a los adolescentes SED ya que no realizan AF intensa y sistemática, por lo tanto, el entrenamiento polimétrico no supondría en ellos un estímulo suficiente en su mineralización ósea.

Por otro lado, los resultados encontrados (Álvarez et al., 2011) y sus conclusiones de que los deportes específicos como el esquí alpino en este caso, combinados con un correcto ENF, no suponen un riesgo para el desarrollo físico de los jóvenes, se asemejan a los estudios anteriores (Drinkwater, 1995; Faigenbaum et al., 2009).

En resumen, los resultados de este estudio (Álvarez et al., 2011) sugieren que hay dos condiciones que influyen en el grado de mineralización ósea: la actividad física y el sexo masculino; ya que sólo los chicos esquiadores mejoraron en todas las áreas consideradas y significativamente más que cualquier otro grupo.

En otro estudio de características similares (Bubanj et al., 2017), pero en este caso en adolescentes velocistas, a los cuales se les midió la fuerza explosiva de las articulaciones inferiores a través de un CMJ y de 1RM de media sentadilla y su DMO del calcáneo izquierdo y derecho con un sonómetro clínico. Estudio donde Bubanj y colaboradores (Bubanj et al., 2017) mostraron mejoras en la DMO de todos los participantes, pero señalaron que estas mejoras no fueron significativas, lo que puede deberse al breve tiempo de intervención, ya que este programa de ENF duro solamente 36 semanas. Este hecho si lo comparamos con el

estudio de (Álvarez et al., 2011) donde los investigadores si encontraron mejoras relevantes en los parámetros óseos de los adolescentes, nos conduce a pensar que dichas mejoras se deben a una influencia directa sobre la DMO y un aumento de la AF, en este caso del ENF.

En un estudio transversal con adolescentes (Conro et al., 1993) donde se compararon los valores de DMO de la columna lumbar y del fémur proximal medidos mediante DXA de jóvenes acostumbrados al ENF con los valores óseos de adolescentes SED, los autores mostraron que la fuerza muscular, tiene una gran influencia en la DMO debido a la influencia de las sobrecargas crónicas experimentadas en el entrenamiento, este hallazgo puede interpretarse a través de la teoría del mecanostato, que denota que los huesos adaptan su mineralización y CMO en respuesta a la tensión causada por las cargas fisiológicas externas hasta cierto punto (E Schoenau, 2005).

### Contenido mineral óseo

La investigación realizada por Blimkie y colaboradores en 1996 (Blimkie et al., 1996) donde se estudiaron los efectos del ENF con máquinas de entrenamiento hidráulicas sobre el CMO de chicas de 14 a 18 de edad reflejo que este tipo de ENF produjo una clara tendencia a un aumento transitorio de CMO de la columna lumbar durante las primeras 13 semanas, pero a pesar de estas ganancias de fuerza, no hubo cambios significativos en el CMO de la totalidad del cuerpo o de la columna lumbar después de 26 semanas de ENF, esto se puede deber a una falta de estímulo a partir de la semana 13 en la mineralización ósea.

Este hecho se puede relacionar con los hallazgos encontrados en el estudio de Gómez-Bruton y colaboradores (A. Gómez-Bruton et al., 2017) que señalan como conclusión principal que un protocolo de VTC de poca intensidad no sea suficiente para inducir mejoras musculares y óseas.

## Tipos de entrenamiento de fuerza

Los objetivos secundarios de esta revisión fueron conocer cuál es el ENF más apropiado para la mejora de la DMO y el CMO de los adolescentes. Además de examinar si los chicos y chicas adolescentes experimentan efectos similares en su DMO y CMO tras una intervención de ENF.

En el estudio longitudinal realizado en 2017 por docentes del Grado Universitario de CCAFD de la Universidad de Zaragoza (A. Gómez-Bruton et al., 2017) en el cual 40 nadadores completaron un protocolo de VTC, que consistían en 15 minutos de entrenamiento 3 días por semana durante un periodo de 26 semanas. Mientras que 23 nadadores continuaron con su entrenamiento de natación habitual, se midieron la DMO y el CMO de la columna lumbar, la cadera y el cuerpo total.

Tras el análisis de los resultados del estudio anteriormente mencionado, podemos deducir que en el deporte de poco impacto, como la natación, no se observan mejoras significativas en la MO, DMO y CMO y por lo tanto estos deportistas podrían no alcanzar un alto pico de MO.

Así mismo, la combinación de un entrenamiento de natación con un protocolo de VTC produjo cambios insignificantes en la MO de los adolescentes nadadores, ya que es posible que su masa magra ya estuviera adaptada al entrenamiento de alta intensidad en el agua y por lo tanto un protocolo de VTC de poca intensidad no sea suficiente para inducir mejoras musculares y óseas.

Además, tras esta revisión sistemática podemos comenzar a evidenciar que las intervenciones de ejercicio diseñadas específicamente han demostrado ser más eficaces que las generales.

De hecho, como podemos observar en el estudio de Murphy y colaboradores (Murphy et al., 2006) donde se compararon los efectos de dos diferentes tipos de ENF, uno de ellos estaba dirigido por un profesor de EF y el otro no lo estaba, en chicas adolescentes sin experiencia previa en el ENF, los autores llegaron a la conclusión de que las adolescentes previamente inactivas pueden adherirse a un programa de AF. Estos resultados coinciden con los mostrados por Neto y colaboradores en 2014 (Neto et al., 2014).

Más adelante, en 2016 Krahenbuhl en su estudio (Krahenbuhl et al., 2016) de características similares al de Murphy y colaboradores (Murphy et al., 2006) sugieren que la práctica deportiva debe considerarse un factor importante para mejorar la salud ósea de las adolescentes, y la duración total del entrenamiento junto con la frecuencia semanal son aspectos importantes de este efecto beneficioso.

Al respecto, podemos estar de acuerdo con Faigenbaum y colaboradores (Faigenbaum et al., 2009) de que un ENF adecuadamente diseñado puede mejorar el estado de la DMO de los adolescentes, pero basándonos en los resultados de los estudios que forman esta revisión sistemática, no podemos establecer hasta que punto o de qué manera se debe programar un ENF con el objetivo de mejorar los parámetros óseos.

Otro de los objetivos de esta revisión sistemática era comprobar cuanto debe durar una intervención de ENF en adolescentes para que esta produzca mejoras en su SO. Como hemos podido comprobar, un programa de seis meses de entrenamiento (Blimkie et al., 1996) es suficiente para mejorar con éxito la SO de los adolescentes, además un programa de salto (CMJ) de nueve meses de duración mejora significativamente el CMO y la DMO de los adolescentes que practican deportes de impacto (Bubanj et al., 2017) y de adolescentes que practican deporte de no impacto como la natación y el ciclismo (Vlachopoulos et al., 2018).

Por otro lado, Weels y colaboradores en su estudio realizado con 99 chicos y chicas adolescentes (Weeks et al., 2008) concluyeron que 10 minutos de actividad de salto incluida en los calentamientos habituales de EF, 2 veces por semana, durante ocho meses a lo largo de la adolescencia parecen mejorar la acumulación de hueso de manera específica en hombres y mujeres.

Era de esperar que exista una fuerte correlación entre la DMO y el CMJ porque, como han demostrado otros autores (Burrows et al., 2003; Saito et al., 2005) la DMO se relaciona positivamente con el entrenamiento de salto.

No parece haber una combinación óptima de series, repeticiones y ejercicios que produzcan adaptaciones favorables en los adolescentes, sino una correcta integración de diferentes métodos de entrenamiento y la reorientación periódica de las variables del mismo, lo que hará que se mantenga un estímulo de entrenamiento efectivo y motivante en los jóvenes.

En resumen, el acto de ENF en sí mismo no garantiza que se produzcan cambios favorables en la SO de los jóvenes. Más bien el esfuerzo y la continuidad individual combinado con una correcta planificación del entrenamiento determinará las adaptaciones fisiológicas que se produzcan.

Del mismo modo, a la hora de diseñar una planificación de ENF para adolescentes es importante tener en cuenta todas las variables del mismo, ya que algunos jóvenes pueden tener una menor madurez ósea que sus compañeros, por lo tanto pueden no ser capaces de tolerar la misma dosis de EF, por ello cada joven debe ser tratado en la mayor medida posible de forma individual.

## Conclusiones

A tenor de los resultados encontrados, parece importante incorporar buenos hábitos de EF durante la adolescencia, ya que estas prácticas pueden proporcionar uno de los mejores estímulos para ganar y mantener una correcta SO.

Como se ha observado en esta revisión sistemática, la AF y especialmente el ENF de impacto durante la adolescencia pueden conducir a una mayor mineralización ósea. Para ello parece necesario aplicar ENF individualizado y guiado por un profesional, con un estrés muscoloesteletico suficiente en adolescentes para estimular la formación de hueso. Además, el efecto del ENF sobre la SO de los adolescentes y en especial sobre las mujeres requiere una mayor investigación.

## Limitaciones de la revisión

Hay que reconocer algunas limitaciones de esta revisión.

1. El corto periodo de seguimiento de los estudios incluidos. Ya que solo dos de los once estudios de intervención ósea con adolescentes han superado los 12 meses de seguimiento. Por lo tanto, no se pueden sacar conclusiones todavía.
2. La muestra en los estudios seleccionados es no probabilística y pequeña, seleccionada por conveniencia, por lo que no es posible generalizar los resultados encontrados.
3. Es una revisión sistemática, por lo tanto no se puede establecer una relación causa – efecto.
4. La ausencia de un GC que realice el mismo entrenamiento que el GE, ya que solo 7 de los 11 estudios incluidos es esta revisión contaban con GC.

5. En algunos estudios de la revisión no se controlaron en los análisis posibles variables que podrían haber influido en los resultados como la ingesta de calcio y si fueron controlados, estos datos fueron obtenidos a través de cuestionarios auto-administrados, infraestimación o sobrestimación de los resultados.

## Más información

### Aplicaciones prácticas y perspectiva futura

Futuras investigaciones podrían establecer la combinación de variables idóneas de un programa de ENF para optimizar al máximo las adaptaciones a largo plazo y la adherencia en adolescentes al EF.

En base a los hallazgos encontrados en esta revisión sistemática, parece muy importante tener en cuenta dentro de los objetivos de trabajo con adolescentes, el tipo de ENF y su duración cuando se vaya a implementar un programa de actividad física con adolescentes. De igual modo, la aplicación de un ENF estructurado en función de las características fisiológicas y deportivas de los adolescentes podría ser útil tanto en la mejora de su rendimiento deportivo como en la prevención de posibles problemas óseos en el futuro.

Por último, desde un punto de vista práctico, tiene una gran importancia conocer los efectos reales de los diferentes protocolos de entrenamiento para proporcionar a los entrenadores medios eficaces para obtener el máximo rendimiento de sus deportistas con el menor gasto de tiempo y esfuerzo posible.

### Fuentes de financiación

Este trabajo no tuvo fuentes de apoyo económico.

### Conflictos de interés competitivos

Este trabajo no tiene conflictos de interés.



## Referencias bibliográficas

- Alvarez-San Emeterio, C., Antuñano, N. P., López-Sobaler, A. M., & González-Badillo, J. J. (2011). Effect of strength training and the practice of Alpine skiing on bone mass density, growth, body composition, and the strength and power of the legs of adolescent skiers. *Journal of strength and conditioning research*, 25(10), 2879–2890. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820c8687>
- Andreoli, A., Monteleone, M., Loan, M. V. A. N., Promenzio, L., Tarantino, U., & Lorenzo, A. D. E. (2000). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 507–511.
- Arnett, M. G., & Lutz, B. (2002). Effects of rope-jump training on the os calcis stiffness index of postpubescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 1913–1919. <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00009>
- Bailey, D. A., McKay, H. A., Mirwald, R. L., Crocker, P. R. E., & Faulkner, R. A. (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14(10), 1672–1679. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.10.1672>
- Barnekow-Bergkvist, M., Hedberg, G., Pettersson, U., & Lorentzon, R. (2006). Relationships between physical activity and physical capacity in adolescent females and bone mass in adulthood. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(6), 447–455. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00500.x>
- Bei, Y. (2017). 乳鼠心肌提取 HHS Public Access. *Physiology & Behavior*, 176(3), 139–148.

<https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.06.008>.Effectiveness

- Blimkie, C. J. R., Rice, S., Webber, C. E., Martin, J., Levy, D., & Gordon, C. L. (1996). Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 74(9), 1025–1033. <https://doi.org/10.1139/y96-099>
- Booth, M. L., Okely, A. D., Chey, T., Bauman, A. E., & MacAskill, P. (2002). Epidemiology of physical activity participation among New South Wales school students. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 26(4), 371–374. <https://doi.org/10.1111/j.1467-842X.2002.tb00189.x>
- Bubanj, S. R., Gašić, T., Stanković, R., Radovanović, D., Obradović, B., & Živković, M. (2017). Correlations of the Muscle Strength and the Bone Density in Young Athletes and Non-Athletes. / Korelacije Snage Mišića I Gustine Kostiju Mladih Sportista I Nesportista. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 15(2), 353–362. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=129147930&lang=es&site=ehost-live>
- Burrows, M., Nevill, A. M., Bird, S., & Simpson, D. (2003). Physiological factors associated with low bone mineral density in female endurance runners. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 67–71. <https://doi.org/10.1136/bjsm.37.1.67>
- Conro, B. P., Kraeme, W. J., Mares, C. M., Flec, S. J., Ston, M. H., Fr, A. C., Mille, P. D., & Dalsk, G. P. (1993). Bone mineral density in elite junior olympic weightlifters. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 25, Issue 10, pp. 1103–1109). <https://doi.org/10.1249/00005768-199310000-00004>

Docente, P. (2020). 26327 - Trabajo fin de Grado. 2–5.

Drinkwater, B. L. (1995). Weight-bearing exercise and bone mass. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 6(3), 567–578. [https://doi.org/10.1016/s1047-9651\(18\)30456-x](https://doi.org/10.1016/s1047-9651(18)30456-x)

Elly, C. H. M. K., Urnett, a N. F. B., & Ewton, M. I. J. N. (2010). T He E Ffect of S Trength T Raining on. *Strength And Conditioning*, 25(9), 396–403.

Fàbregues Feijóo, S., & Serra Sutton, V. (2019). La evaluación de la calidad de los estudios incluidos en revisiones sistemáticas. *Research Gate*, September 2019.

Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(5 Suppl), 0–20. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31819df407>

Ginty, F., Rennie, K. L., Mills, L., Stear, S., Jones, S., & Prentice, A. (2005). Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. *Bone*, 36(1), 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.10.001>

Glüer, C. C. (1997). Quantitative ultrasound techniques for the assessment of osteoporosis: Expert agreement on current status. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(8), 1280–1288. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.8.1280>

Gómez-Bruton, A., González-Agüero, A., Matute-Llorente, A., Julián, C., Lozano-Berges, G.,

- Gómez-Cabello, A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2017). Do 6 months of whole-body vibration training improve lean mass and bone mass acquisition of adolescent swimmers? *Archives of Osteoporosis*, 12(1). <https://doi.org/10.1007/s11657-017-0362-z>
- Gómez-Bruton, Alejandro, González-Agüero, A., Gómez-Cabello, A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2013). Is Bone Tissue Really Affected by Swimming? A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070119>
- Gruodyte, R., Jürimäe, J., Saar, M., & Jürimäe, T. (2010). The relationships among bone health, insulin-like growth factor-1 and sex hormones in adolescent female athletes. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 28(3), 306–313. <https://doi.org/10.1007/s00774-009-0130-2>
- Hansen, M. A., Overgaard, K., Riis, B. J., & Christiansen, C. (1991). Role of peak bone mass and bone loss in postmenopausal osteoporosis: 12 year study. *British Medical Journal*, 303(6808), 961–964. <https://doi.org/10.1136/bmj.303.6808.961>
- Jiménez Reyes, C. B. F. P. (2013). Strength Training New Methodological Perspectives. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–139. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Krahenbuhl, T., Gonçalves, E. M., Guimarães, R. D. F., Guerra-Júnior, G., & Barros-Filho, A. D. A. (2016). Competitive swimming and handball participation have a positive influence on bone parameters as assessed by phalangeal quantitative ultrasound in female adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 28(3), 423–430. <https://doi.org/10.1123/pes.2015-0091>

- Loko, J., Sikkut, T., & Aule, R. (1996). Sensitive periods in physical development. *Modern Athlete and Coach*, 34(2), 26–29.  
[http://www.lakeshoreswimclub.com/canlsc/UserFiles/File/Articles/Loko%26Sikkut%26Aule\\_SensitivePeriodsInPhysicalDevelopement.pdf](http://www.lakeshoreswimclub.com/canlsc/UserFiles/File/Articles/Loko%26Sikkut%26Aule_SensitivePeriodsInPhysicalDevelopement.pdf)
- Mamédio, C., Roberto, M., & Nobre, C. (2007). Estrategia PICO para la construcción de la pregunta de investigación y la búsqueda de evidencias. *Revista Latino-Am Enfermeria*, 15(3), 1–4.  
[https://vpngateway.udg.edu/pdf/rlae/v15n3/,DanaInfo=www.scielo.br+es\\_v15n3a23.pdf](https://vpngateway.udg.edu/pdf/rlae/v15n3/,DanaInfo=www.scielo.br+es_v15n3a23.pdf)
- Matute-Llorente, Á., González-Agüero, A., Gómez-Cabello, A., Vicente-Rodríguez, G., & Casajús Mallén, J. A. (2014). Effect of whole-body vibration therapy on health-related physical fitness in children and adolescents with disabilities: A systematic review. *Journal of Adolescent Health*, 54(4), 385–396.  
<https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2013.11.001>
- McKay, H. A., Petit, M. A., Bailey, D. A., Wallace, W. M., Schutz, R. W., & Khan, K. M. (2000). Analysis of proximal femur DXA scans in growing children: Comparisons of different protocols for cross-sectional 8-month and 7-year longitudinal data. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15(6), 1181–1188.  
<https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.6.1181>
- Murphy, N. M., Ni Dhuinn, M., Browne, P. A., & ÓRathaille, M. M. (2006). Physical Activity for Bone Health in Inactive Teenage Girls: Is a Supervised, Teacher-Led Program or Self-Led Program Best? *Journal of Adolescent Health*, 39(4), 508–514.  
<https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2006.01.008>

- Nelson, D. A., & Koo, W. W. K. (1999). Interpretation of absorptiometric bone mass measurements in the growing skeleton: Issues and limitations. *Calcified Tissue International*, 65(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/s002239900648>
- Neto, C. F., Neto, G. R., Araújo, A. T., Sousa, M. S. C., Sousa, J. B. C., Batista, G. R., & Reis, V. M. M. R. (2014). Can programmed or self-selected physical activity affect physical fitness of adolescents? *Journal of Human Kinetics*, 43(1), 125–130. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0097>
- Nichols, D. L., Sanborn, C. F., & Essery, E. V. (2007). Bone density and young athletic women: An update. *Sports Medicine*, 37(11), 1001–1014. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737110-00006>
- Nichols, D. L., Sanborn, C. F., & Love, A. M. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *Journal of Pediatrics*, 139(4), 494–500. <https://doi.org/10.1067/mpd.2001.116698>
- Nurmi-Lawton, J. A., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Bishop, J. A., Taylor, P., Cooper, C., & New, S. A. (2004). Evidence of Sustained Skeletal Benefits from Impact-Loading Exercise in Young Females: A 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(2), 314–322. <https://doi.org/10.1359/JBMR.0301222>
- Olmedillas, H., González-Agüero, A., Moreno, L. A., Casajus, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2012). Cycling and bone health: A systematic review. *BMC Medicine*, 10. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-168>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J.,

- Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Parfitt, A. M. (1984). The cellular basis of bone remodeling: The quantum concept reexamined in light of recent advances in the cell biology of bone. *Calcified Tissue International*, 36(1 Supplement). <https://doi.org/10.1007/BF02406132>
- Rauch, F., Sievanen, H., Boonen, S., Cardinale, M., Degens, H., Felsenberg, D., Roth, J., Schoenau, E., Verschueren, S., & Rittweger, J. (2010). Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 10(3), 193–198.
- Rico, H., Revilla, M., Hernandez, E. R., Villa, L. F., & del Buergo, M. (1992). Sex differences in the acquisition of total bone mineral mass peak assessed through dual-energy X-ray absorptiometry. *Calcified Tissue International*, 51(4), 251–254. <https://doi.org/10.1007/BF00334483>
- Saito, T., Nakamura, K., Okuda, Y., Nashimoto, M., Yamamoto, N., & Yamamoto, M. (2005). Weight gain in childhood and bone mass in female college students. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 23(1), 69–75. <https://doi.org/10.1007/s00774-004-0543-x>
- Schoenau, E. (2005). From mechanostat theory to development of the “functional muscle-bone-unit.” *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 5(3), 232–238. [papers://d66c75de-80d3-4649-8e61-dae6b2a77aa9/Paper/p1242](https://doi.org/10.1007/s00774-004-0543-x)

- Schoenau, Eckhard. (2005). The “functional muscle-bone unit”: A two-step diagnostic algorithm in pediatric bone disease. *Pediatric Nephrology*, 20(3 SPEC. ISS.), 356–359. <https://doi.org/10.1007/s00467-004-1744-1>
- Slatkovska, L., Alibhai, S. M. H., Beyene, J., & Cheung, A. M. (2010). Effect of whole-body vibration on BMD: A systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International*, 21(12), 1969–1980. <https://doi.org/10.1007/s00198-010-1228-z>
- Slosman, D. O., Rizzoli, R., Pichard, C., Donath, A., & Bonjour, J. P. (1994). Longitudinal measurement of regional and whole body bone mass in young healthy adults. *Osteoporosis International*, 4(4), 185–190. <https://doi.org/10.1007/BF01623238>
- Snow-Harter, C., Bouxsein, M. L., Lewis, B. T., Carter, D. R., & Marcus, R. (1992). Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: A randomized exercise intervention trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 7(7), 761–769. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650070706>
- Stone, E. J., McKenzie, T. L., Welk, G. J., & Booth, M. L. (1998). *Effects of physical activity interventions in youth. Review and synthesis*. 15(4), 298–315.
- Vicente-Rodríguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine*, 36(7), 561–569. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636070-00002>
- Vicente-Rodriguez, G., Dorado, C., Ara, I., Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., & Calbet, J. A. L. (2007). Artistic versus rhythmic gymnastics: Effects on bone and muscle mass in young girls. *International Journal of Sports Medicine*, 28(5), 386–393. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924397>



- Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Ubago-Guisado, E., Williams, C. A., & Gracia-Marco, L. (2018). A 9-Month jumping intervention to improve bone geometry in adolescent male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(12), 2544–2554. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001719>
- Weeks, B. K., Young, C. M., & Beck, B. R. (2008). Eight months of regular in-school jumping improves indices of bone strength in adolescent boys and girls: The POWER PE study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 23(7), 1002–1011. <https://doi.org/10.1359/jbmr.080226>
- Witzke, K. A., & Snow, C. M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(6), 1051–1057. <https://doi.org/10.1097/00005768-200006000-00003>
- Wysocki, A., Butler, M., Shamliyan, T., & Kane, R. L. (2011). Whole-body vibration therapy for osteoporosis: State of the science. *Annals of Internal Medicine*, 155(10), 680–686. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-10-201111150-00006>

