

Impacto del entrenamiento de fuerza en la salud ósea: Revisión de estrategias recientes y su eficacia

GRADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



CURSO ACADÉMICO 2023 - 2024

Alumno/a: Marcos Richart Claramonte

Tutor académico: Alicia Martínez Canto

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CONTEXTUALIZACIÓN	3
1.1 Resumen.....	3
1.1 Abstrac.....	4
1.2 Introducción.....	5
2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN	7
2.1 Criterios de elegibilidad	8
2.2 Fuentes de información	9
2.3 Estrategia de búsqueda.....	9
2.4 Proceso de selección de estudios	10
2.5 Proceso de extracción de datos.....	10
2.6 Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios	11
2.7 Resultados	12
2.7.1 Selección de los estudios	12
2.7.2 Riesgo de sesgo de los estudios	14
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
4. DISCUSIÓN.....	22
4.1 Características de la muestra.....	22
4.2 Potencia estadística	22
4.3 Densidad mineral ósea y contenido mineral óseo	23
4.4 Biomarcadores de remodelación ósea	25
4.5 Fuerza muscular	26
4.6 Rendimiento funcional.....	26
4.7 Conclusiones	27
4.8 Limitaciones.....	28
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	28
5.1 Frecuencia ¿Cuántos días a la semana hay que realizar entrenamiento de resistencia?	28
5.2 Duración de la sesión ¿Cuánto debe durar cada sesión?	29
5.3 Intensidad ¿Cuál es la intensidad óptima de entrenamiento de fuerza para conseguir el objetivo?.....	29
5.4 Volumen de entrenamiento (Series, repeticiones y descansos) ¿Cómo planificar y estructurar el programa de entrenamiento?.....	31
5.5 Selección de los ejercicios	33
5.6 Programa de entrenamiento propuesto:.....	34
5.6.1 Objetivo	34
5.6.2 Descripción de la propuesta	34

5.6.3 Resultados esperados	35
5.6.4 Programa de entrenamiento.....	36
5.6.5 Resumen	40
6. BIBLIOGRAFÍA.....	42
7. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de los artículos.....	13
Figura 2. Gráfico resumen del riesgo de sesgo en cada dimensión para cada artículo.....	14
Figura 3. Gráfico resumen del porcentaje de riesgo de sesgo por cada dimensión.....	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los estudios incluidos y sus resultados.....	16
Tabla 2. Pautas para mesociclo nivel inicial de entrenamiento de fuerza	36
Tabla 3. Pautas para mesociclo nivel medio de entrenamiento de fuerza	37
Tabla 4. Pautas para mesociclo nivel avanzado de entrenamiento de fuerza	38
Tabla 5. Resumen programa de entrenamiento de fuerza.....	40
Tabla 6. Riesgo de sesgo investigación de Borba-Pinheiro 2016.....	48
Tabla 7. Riesgo de sesgo investigación de Eslamipour 2023	49
Tabla 8. Riesgo de sesgo investigación de Holubiac 2022.....	50
Tabla 9. Riesgo de sesgo investigación de Holubiac 2023.....	51
Tabla 10. Riesgo de sesgo investigación de Linero 2021.....	52
Tabla 11. Riesgo de sesgo investigación de Mosti 2013	53
Tabla 12. Riesgo de sesgo investigación de Watson 2018	54

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 Resumen

Objetivo: Analizar la literatura más reciente sobre los programas de entrenamiento de fuerza dirigidos a mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea, con especial atención en la comparación de distintos enfoques de entrenamiento. El objetivo es confirmar si el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es el único entrenamiento capaz de mejorar la salud ósea en esta población dentro de otros posibles programas de entrenamiento de fuerza con distintas estrategias y/o intensidades. Asimismo, se busca identificar las estrategias de entrenamiento de fuerza más actuales que hayan tenido resultados positivos, con la finalidad de desarrollar un programa de entrenamiento de fuerza completo que integre las directrices de las estrategias estudiadas en esta revisión para mejorar la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea.

Método: Revisión sistemática de artículos de ensayos clínicos o ensayos controlados aleatorizados siguiendo la guía PRISMA, realizando una búsqueda de la literatura en tres bases de datos (PubMed, Scopus y SportDiscuss) a través de la utilización de palabras clave con marcadores booleanos y, desde 2013 hasta la actualidad. Criterios de inclusión, mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea (T-Score < -1.0).

Resultados: Para la revisión se incluyeron 7 estudios, 1 estudio fue descartado después de analizarlo tras ofrecer un riesgo de sesgo elevado. Los programas de entrenamiento de fuerza a alta intensidad (70-85% del 1RM) fueron los más efectivos para la mejora de la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea. Un programa de moderada intensidad alternando intensidades dentro de la misma serie (70% y 50% del 1RM) mostró mejoras significativas a pesar de ser moderada intensidad. Otro programa de entrenamiento de fuerza máxima fue efectivo en un tiempo corto de intervención y fue seguro por aplicarlo bajo supervisión profesional. Un programa de entrenamiento de fuerza de baja intensidad aplicando restricción del flujo sanguíneo mostró mejoras significativas en los biomarcadores de remodelación ósea.

Conclusión: Se concluye que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es la mejor estrategia para mejorar la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea. No obstante, programas de intensidad moderada con una estrategia concreta o programas de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo pueden ser estrategias también efectivas principalmente para mujeres postmenopáusicas con densidad mineral ósea muy baja.

Palabras clave: Osteoporosis, baja densidad mineral ósea, entrenamiento de fuerza.

1.1 Abstrac

Objective: Analyze the most recent literature on strength training programs aimed at postmenopausal women with low bone mineral density, with particular emphasis on comparing different training approaches. The objective is to determine whether high-intensity strength training is the only type of training capable of improving bone health in this population, as compared to other possible strength training programs with various strategies and/or intensities. Additionally, this review seeks to identify the most current strength training strategies that have yielded positive results, with the aim of developing a comprehensive strength training program that incorporates the guidelines from the strategies studied in this review to improve bone health in postmenopausal women with low bone mineral density.

Method: Systematic review of clinical trials or randomized controlled trials following the PRISMA guidelines, conducting a literature search in three databases (PubMed, Scopus, and SportDiscuss) using keywords with Boolean operators, from 2013 to the present. Inclusion criteria was postmenopausal women with low bone mineral density (T-Score < -1.0).

Results: The review included 7 studies. One of them has been rejected after analysis due to a high risk of bias. High-intensity strength training programs (70-85% of 1RM) were the most effective for improving bone health in postmenopausal women with low bone mineral density. A program of moderate intensity alternating intensities within the same set (70% and 50% of 1RM) showed significant improvements despite being of moderate intensity. Another maximum strength training program was effective in a short intervention time and was safe when applied under professional supervision. A low-intensity strength training program applying blood flow restriction showed significant improvements in bone remodelling biomarkers.

Conclusion: It is concluded that high-intensity strength training is the best strategy for improving bone health in postmenopausal women with low bone mineral density. However, moderate-intensity programs with a specific strategy or low-intensity programs with blood flow restriction may also be effective strategies, primarily for postmenopausal women with very low bone mineral density.

Keywords: Osteoporosis, low bone mineral density, strength training.

1.2 Introducción

La osteoporosis es el trastorno óseo más común que afecta a los seres humanos, es un trastorno esquelético generalizado que se caracteriza por una pérdida en la densidad mineral ósea y por tanto en la resistencia ósea, lo que predispone a una persona a un mayor riesgo de sufrir fracturas, sobre todo de la columna y la cadera (Klibanski et al., 2001).

El diagnóstico de la osteoporosis, según la clásica definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se hace en función de la densidad mineral ósea (g/cm^2) medida por absorciometría dual radiológica (DXA). Un T-Score de la densidad mineral ósea derivado de DXA con una desviación estándar (DE) de 2.5 o más por debajo de la media para mujeres caucásicas adultas jóvenes constituye un diagnóstico de osteoporosis (densidad ósea muy baja). Un T-Score de densidad mineral ósea que cae entre -1.0 y -2.5 DE se clasifica como osteopenia (densidad ósea baja) (Kanis & Kanis, 1994).

Esta enfermedad es bastante más común en mujeres que en hombres, con una prevalencia cada vez mayor, especialmente después de la menopausia. Aproximadamente el 30% de todas las mujeres posmenopáusicas en Europa y Estados Unidos padecen osteoporosis, y al menos el 40% de estas mujeres sufrirán una o más fracturas osteoporóticas en el resto de su vida. (Wright et al., 2014). Es una enfermedad común que se manifiesta como fracturas que ocurren en múltiples sitios esqueléticos, pero con mayor frecuencia en la columna, la cadera o la muñeca, y causa una morbilidad y mortalidad significativas (Barrett-Connor, 1995). Después de una fractura inicial, el riesgo de fractura subsiguiente se duplica en los siguientes 6 a 12 meses y persiste durante hasta 10 años (Bliuc et al., 2015; Sobolev et al., 2015).

La mayor prevalencia en mujeres es consecuencia de los cambios hormonales debidos a la menopausia, condición no patológica que implica el fin permanente de los ciclos menstruales debido al cese de la producción de hormonas reproductivas de los ovarios durante al menos 12 meses consecutivos. La menopausia ocurre en todas las mujeres que menstrúan, y esta disminución de la salud ósea es debido a una deficiencia de los niveles hormonales de estrógeno (Peacock et al., 2023). La menopausia ocurre a una edad media aproximadamente de los 52,54 años (Gold et al., 2013).

Antes de entrar en un estado de menopausia ocurre un proceso llamado perimenopausia (o transición menopáusica) que es el período de algunos años que preceden al último período menstrual de una mujer y se caracteriza por una mayor variabilidad en la duración del ciclo menstrual y períodos de amenorrea (Harlow et al., 2012). La edad media de inicio de la perimenopausia es alrededor de los 47 años (McKinlay et al., 1992).

El estrógeno juega un papel muy importante en el ciclo de remodelación ósea, el cual fue definido por primera vez por Frost (1963) como un proceso estrictamente regulado en el que se reemplaza el hueso viejo y dañado por hueso nuevo. El estrógeno reduce la apoptosis en la diferenciación de los osteoblastos (células óseas encargadas de secretar y sintetizar la matriz ósea) al promover su autofagia, contribuyendo así a prolongar su tiempo de vida útil y ayudando a mantener el equilibrio entre las fases de la remodelación ósea (Gavali et al., 2019).

A nivel celular, el estrógeno mantiene un equilibrio entre las fases de resorción ósea (destrucción del hueso) y formación ósea (formación de nuevo hueso). Cuando hay deficiencia de estrógeno, se pierde este equilibrio y queda aumentada la actividad de fase de resorción ósea, por lo que se produce una prolongación de la vida de los osteoclastos (células óseas encargadas de la resorción ósea) con respecto a los osteoblastos, y por tanto existe una mayor actividad de resorción ósea (Martin-Millan et al., 2010; Nakamura et al., 2007).

Durante la perimenopausia, debido a los cambios hormonales ya empieza a producirse una deficiencia en la producción de estrógenos, esto empieza a producir ese desequilibrio entre las fases de remodelación ósea, lo que resulta en el inicio de la pérdida de densidad mineral ósea

ya durante la transición a la menopausia, en la cual se sigue perdiendo calidad ósea (Finkelstein et al., 2008). Por tanto, esa disminución en los niveles de estrógenos es la causante de que la salud ósea empeore rápidamente en mujeres en estado de perimenopausia, menopausia o postmenopausia.

En consecuencia, provoca una tasa promedio anual de pérdida de densidad mineral ósea de alrededor del 2 %, comenzando de 1 a 3 años antes de la menopausia y dura desde 5 hasta 10 años, lo que puede resultar en una pérdida promedio de densidad mineral ósea del 10 % al 12 %, principalmente en la columna y la cadera, durante la transición a la menopausia (Finkelstein et al., 2008). Después de este intervalo de pérdida ósea relativamente rápida, la densidad ósea disminuye aproximadamente un 0,5% por año. Este desequilibrio en la remodelación ósea continúa hasta la edad avanzada, en la que se va produciendo un déficit adicional en la función de los osteoblastos y esto sigue limitando la formación de hueso (Cosman et al., 2014).

Además, el estrógeno también tiene efectos positivos indirectos sobre el metabolismo del calcio y la deficiencia de estrógeno reduce la absorción de calcio tanto intestinal como renal (Heshmati et al., 2002). El calcio es un mineral estructural esencial de los tejidos mineralizados como el hueso y sus niveles adecuados contribuyen al mantenimiento de la salud ósea (Vannucci et al., 2018). En la composición del hueso, aproximadamente un 60% es de cristales de fosfato de calcio (Hidroxiapatita) (Feng, 2009). De ahí que cobre tal importancia en la salud ósea.

El hueso está compuesto principalmente por tejido óseo cortical o compacto y tejido óseo trabecular o esponjoso. El tejido cortical es protector y cumple funciones mecánicas y el tejido óseo trabecular proporciona fuerza ósea y está asociado con la mayoría de las funciones metabólicas. El hueso trabecular es el principal sitio de remodelación ósea; por lo tanto, es el sitio donde se dan las enfermedades que afectan a la remodelación ósea, también llamadas enfermedades óseas metabólicas, como la osteopenia u osteoporosis (Feng & McDonald, 2011).

Dado que el hueso es un tejido dinámico con la capacidad de adaptarse a los cambios en los requisitos de la carga que se producen en él, el ejercicio es ampliamente reconocido como un estímulo físico vital para el desarrollo y mantenimiento de una fuerza ósea óptima a lo largo de la vida. La evidencia actual indica que los efectos del ejercicio en el hueso dependen además de la modalidad, la dosis y la intensidad del ejercicio (Beck et al., 2017).

Frost, (1996) ya informó que la carga mecánica producida en el músculo aumenta la fuerza y la densidad de los minerales óseos según la Ley de Wolff. Esta ley es un principio fundamental en fisiología ósea y postula que el tejido óseo en un organismo sano tiene la capacidad de ajustarse en respuesta a las cargas mecánicas a las que se somete. Por lo tanto, el hueso puede considerarse un tejido dinámico en el que las diferencias en los estímulos mecánicos aplicados pueden cambiar los procesos de osificación y destrucción ósea al influir en su metabolismo (Battafarano et al., 2020).

Una combinación de ejercicios con carga de resistencia aumenta los marcadores de formación ósea y estimula una mayor actividad de los osteoblastos (células de formación ósea), fortaleciendo así el hueso y disminuyendo la susceptibilidad a fracturas (Adami et al., 2008). Por eso, el entrenamiento de fuerza se destaca como el mejor entre otros tipos de entrenamiento para la mejora de la salud ósea, y se asocia con una mayor respuesta del sistema musculoesquelético en mujeres posmenopáusicas (Zemadani, 2023).

No existe un programa de entrenamiento perfecto para la prevención de la osteoporosis. Aun así, la evidencia científica parece mostrar una necesidad de moderada hacia alta intensidad para poder ser un programa de entrenamiento efectivo.

Varios estudios informaron que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad con intensidades superiores al 70% de la repetición máxima (1RM) es más efectivo en comparación con el entrenamiento de fuerza de baja intensidad para una adaptación ósea óptima en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea (Harding et al., 2020; Kemmler et al., 2020).

En un estudio comparativo en el que dos grupos realizaron el mismo programa de entrenamiento periodizado de fuerza durante 1 año, ambos a una intensidad del 70 al 90% del 1RM, pero un grupo realizaba los ejercicios con 4 segundos fase concéntrica y 4 segundos fase excéntrica, mientras que el grupo de potencia realizaba la fase concéntrica a máxima velocidad y la fase excéntrica a 4 segundos, el entrenamiento de potencia obtuvo mejores resultados para la salud ósea que el entrenamiento de fuerza en la columna lumbar, la cadera total y el área intertrocantérica (Von Stengel et al., 2005).

Esto podría indicar que es el entrenamiento de fuerza de alta intensidad la metodología idónea para mejorar la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea, principalmente el entrenamiento de fuerza orientado al trabajo de potencia muscular.

Sin embargo, una revisión sistemática y metaanálisis de Wang et al. (2023) reveló que los programas de entrenamiento de fuerza de moderada intensidad con una frecuencia de 3 veces por semana mejoraban la densidad mineral ósea significativamente en la columna lumbar, el cuello femoral, la cadera total y el trocánter en mujeres postmenopáusicas, siendo en la columna lumbar y en el cuello femoral las mejoras más significativas. Los resultados del metaanálisis también indicaban que el entrenamiento de fuerza a intensidad moderada era más efectivo para aumentar la salud ósea en comparación con la alta intensidad.

Otros estudios, como el de Kistler-Fischbacher et al., (2021) revelaron que el entrenamiento de baja intensidad era insuficientemente para provocar un efecto significativo en el aumento de la densidad mineral ósea. La causa puede ser que las cargas más bajas no alcancen el umbral de tensión ósea y por tanto no estimulen efectivamente el tejido óseo.

Por tanto, el fin de este trabajo es revisar la literatura científica más actual que haya investigado y comparado diferentes programas de entrenamiento de fuerza para corroborar lo que la evidencia indica acerca de que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es el método más eficaz para mejorar la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea, comparado con otros posibles programas de entrenamiento de fuerza con otras estrategias o intensidades para esta población. Además, se buscará encontrar estrategias de entrenamiento de fuerza que hayan demostrado ser efectivas, con el fin de proponer un programa de entrenamiento integral y amplio que incorpore las directrices de cada estrategia estudiada, para mejorar la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN

El proceso de revisión sistemática realizado para esta revisión bibliográfica se ha llevado a cabo siguiendo las directrices establecidas por la guía PRISMA (Page et al., 2021), reconocida como un estándar de referencia para mejorar la integridad de los informes de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Se optó por su utilización con el objetivo de adherirse a un protocolo establecido y garantizar la calidad de la revisión realizada. En los siguientes apartados se describirán detalladamente los pasos, en consonancia con sus criterios específicos, que han guiado el proceso de esta revisión sistemática.

2.1 Criterios de elegibilidad

En este apartado se detallan los criterios de elegibilidad empleados para seleccionar o descartar los diversos artículos derivados de las búsquedas realizadas en las bases de datos.

Para definir los criterios de elegibilidad para la búsqueda de los artículos en las bases de datos, se ha aplicado la estrategia PICOS (Saaqi & Ashraf, 2017), con sus siglas en inglés "*Patient, Intervention, Comparison, Outcome, Study Designs*", la cual se trata de una estrategia que nos permite seleccionar una combinación de términos apropiados de búsqueda (descriptores) para encontrar de forma precisa la respuesta al problema planteado en esta revisión, en los artículos encontrados en las bases de datos.

- PATIENTS (características de los participantes): Mujer de edad adulta que se encuentra en estado de perimenopausia, menopausia o postmenopausia, con baja densidad mineral ósea (osteopenia u osteoporosis).
- INTERVENTION (tipo de intervención): Todo tipo de programas de entrenamiento de fuerza.
- COMPARATION (Comparaciones): En la búsqueda no se ha establecido explícitamente la necesidad de incluir uno o más grupos de comparación. No obstante, al analizar la metodología de los estudios seleccionados, se considerará favorable si el grupo experimental es contrastado con un grupo de control, con un grupo que recibe otro tipo de intervención con el que se quiere comparar el tipo de intervención experimental inicial, o con ambos.
- OUTCOMES (Resultados a extraer):
 - Resultados primarios (Salud ósea) Se prevé que el estímulo del entrenamiento de fuerza tendrá un impacto significativo positivo en la salud ósea (densidad mineral ósea, contenido mineral óseo y biomarcadores óseos) y que por lo tanto mejorará la salud ósea y disminuirá el riesgo de fractura, en comparación con otros enfoques de entrenamiento, con respecto a un grupo control o con respecto a ambos. Se anticipa que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad, enfocado en potencia o fuerza máxima, tendrá un efecto significativo positivo más pronunciado en la salud ósea en comparación con otras modalidades de entrenamientos de fuerza de moderada o baja intensidad.
 - Resultados secundarios (Fuerza muscular) Se espera que el entrenamiento de fuerza mejore el pico de fuerza máxima y el 1RM (máximo peso que una persona puede levantar en una repetición completa y controlada de un ejercicio específico), lo cual está directamente vinculado con la salud ósea del hueso específico asociado al grupo muscular en cuestión.
- STUDY DESINGS (Diseño del estudio): Se han incluido ensayos controlados aleatorizados y ensayos clínicos. Se han excluido las revisiones bibliográficas, metaanálisis, resúmenes y estudios de caso para garantizar la integridad y fiabilidad de los datos recopilados.

Por lo tanto, esta estrategia metodológica nos permitirá abordar adecuadamente las preguntas planteadas:

- ¿El entrenamiento de fuerza contribuye a mejorar la salud ósea?
- ¿Es entrenamiento de fuerza de alta intensidad es la mejor opción para obtener beneficios en la salud ósea con respecto a otros tipos de entrenamiento de fuerza y con otras intensidades?

2.2 Fuentes de información

La investigación se ha llevado a cabo durante un periodo de tres meses, comprendido entre febrero de 2024 y abril de 2024. Para recopilar la información necesaria, se consultaron tres bases de datos especializadas: PubMed, Scopus y SportsDiscus.

2.3 Estrategia de búsqueda

Se ha implementado una estrategia de búsqueda a través de palabras clave, mediante la utilización de operadores booleanos para establecer una relación conceptual entre las mismas y así obtener resultados más concretos y que la información sea de mayor calidad. Se han utilizado las mismas palabras clave en las tres bases de datos, Pubmed, Scopus y SportsDiscus.

Se han seleccionado palabras clave con atención específica en el perfil de las participantes (mujeres en períodos de perimenopausia, menopausia o postmenopausia), en el tipo de intervención a investigar (entrenamiento de fuerza) y en una de las condiciones médicas prevalentes en este grupo (osteopenia u osteoporosis).

Para rastrear a los participantes se han usado las siguientes palabras clave:

- ("menopause" OR "menopausal" OR "postmenopausal" OR "postmenopause" OR "perimenopause" OR "perimenopausal").

Para rastrear el método de intervención se han usado las siguientes palabras clave:

- ("resistance training" OR "strength training" OR "weight training" OR "Bodyweight training" OR "Resistance band training" OR "Circuit training" OR "Plyometric training" OR "resistance exercise" OR "power training" OR "power resistance training" OR "High Intensity Resistance" OR "Low intensity resistance" OR "moderate intensity resistance" OR "high intensity interval training" OR "functional training" OR "functional exercise" OR "crossfit" OR "Kettlebell training" OR "muscular strength" OR "high intensity training").

Se ha empleado una amplia gama de conjuntos de palabras clave que describen un espectro de posibles nomenclaturas sobre el entrenamiento de fuerza, con el fin de abarcar la mayor cantidad posible de artículos que aborden el problema planteado en esta revisión.

Para rastrear la condición médica del participante se usaron las siguientes palabras clave:

- AND ("osteoporosis" OR "osteopenic" OR "osteoporotic" OR "osteosarcopenia" OR "bone loss" OR "bone density" OR "bone mineral density").

Se ha empleado la misma estrategia de búsqueda en las tres bases de datos que se han usado con la finalidad de optimizar los resultados obtenidos. Sin embargo, se han aplicado diferentes filtros en cada una de las bases con el propósito de focalizar la búsqueda con una mayor concreción al mismo tiempo que para asegurar un número considerable de artículos para su revisión.

En la base de datos PubMed se han aplicado los siguientes filtros:

- Ensayo clínico.
- Ensayo controlado aleatorizado.
- Fecha de publicación desde 2013 hasta la actualidad.
- Idioma: inglés.

En la base de datos SportsDiscus se han aplicado los siguientes filtros:

- Fecha de publicación desde 2013 hasta la actualidad.
- Idioma: inglés.

En la base de datos Scopus se han aplicado los siguientes filtros:

- Fecha de publicación desde 2013 hasta la actualidad.
- Idioma: inglés.
- La búsqueda restringida para título, resumen del artículo y palabras clave.
- Se ha excluido de la búsqueda los diseños de estudio revisiones bibliográficas y metaanálisis.

2.4 Proceso de selección de estudios

Después de completar las búsquedas en las tres bases de datos pertinentes, los resultados se han exportado a un gestor bibliográfico denominado Mendeley, donde se llevó a cabo un proceso metódico para organizar y procesar los artículos exportados de manera eficiente. Este proceso se desarrolló de la siguiente manera:

Primero se han eliminado los artículos duplicados (el gestor bibliográfico Mendeley detecta automáticamente los artículos duplicados y permite eliminarlos).

En segundo lugar, se ha procedido a la lectura del título y resumen de todos los artículos a modo de un primer filtrado, en el cual se han excluido los artículos que no cumplían con el tópico de esta revisión, los artículos que no cumplían con los criterios de elegibilidad o los artículos que no cumplían con el diseño de estudio correcto (Revisiones bibliográficas, metaanálisis, guías o informes de caso).

En tercer lugar, se ha procedido a la búsqueda a texto completo de los artículos seleccionados anteriormente.

Tras la lectura completa de los artículos resultantes finales del paso anterior, se ha realizado un filtrado final mediante criterios de inclusión adicionales a los criterios de elegibilidad mencionados anteriormente.

Finalmente se han seleccionado los artículos más relevantes, de mayor calidad científica y que cumplían perfectamente con los criterios de inclusión y por tanto con el objetivo de esta revisión sistemática. De estos artículos seleccionados, se extrajo la información necesaria para su análisis y posterior implementación en esta revisión bibliográfica.

2.5 Proceso de extracción de datos

Después de completar la lectura integral de los estudios seleccionados, se procedió a extraer los datos más relevantes de cada artículo para el desarrollo de esta revisión y se compilaron en un cuadro resumen. De este modo se destacaron los siguientes datos:

Detalles de la publicación: Autores y fecha de publicación.

Objetivo: Objetivos principales y secundarios del estudio.

Características de la muestra: Edad, tamaño muestral y grupos de intervención y control.

Metodología: Diseño del estudio, variables que se miden y herramientas de medida.

Resultados: Datos obtenidos de las variables que se miden y comparaciones entre grupos.

Conclusiones: Justificación de los resultados y si se cumple la hipótesis del estudio.

2.6 Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios

Para evaluar el riesgo de sesgo se ha utilizado el apartado de evaluación de riesgo de sesgo del manual “Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions” (Higgins JPT et al., 2023). Es una herramienta utilizada para evaluar el riesgo de sesgo y garantizar la calidad y fiabilidad de la evidencia científica, especialmente en revisiones sistemáticas y metaanálisis. Evalúa varios aspectos clave del diseño y la ejecución del estudio que podrían influir en la validez de los resultados, para ayudar a los investigadores y revisores a identificar estudios con mayor riesgo de sesgo y a interpretar los resultados de manera más crítica y precisa.

Estos aspectos incluyen la asignación aleatoria de los participantes a los grupos de tratamiento, el ocultamiento de la asignación, la ceguera de los participantes y evaluadores, la completitud de los datos, el informe selectivo de resultados y otros posibles sesgos. Cada estudio incluido en una revisión sistemática o metaanálisis es evaluado en función de estos criterios, y se le asigna una valoración de riesgo de sesgo para cada dominio evaluado.

A continuación, se muestran los dominios de la escala de riesgo de sesgo Cochrane y las valoraciones para determinar el nivel de riesgo en cada uno de los dominios:

Generación de la secuencia aleatoria (Randomización):

- Bajo riesgo de sesgo: Se describe un método adecuado de aleatorización (p. ej., generación aleatoria de secuencia, uso de un sistema de asignación computarizado).
- Riesgo incierto: No se describe claramente el método de aleatorización.
- Alto riesgo de sesgo: Se utiliza un método inadecuado de aleatorización (p. ej., alternancia, números pares/impares).

Ocultamiento de la asignación:

- Bajo riesgo de sesgo: Se utiliza un método adecuado para ocultar la asignación (p. ej., sobres sellados, cajas opacas).
- Riesgo incierto: No se describe claramente el método de ocultamiento de la asignación.
- Alto riesgo de sesgo: No se utilizó ningún método para ocultar la asignación o se utilizó un método inadecuado.

Cegamiento (o enmascaramiento) participantes y personal:

- Bajo riesgo de sesgo: Se implementa un cegamiento adecuado de los participantes y los evaluadores de los resultados.
- Riesgo incierto: No se describe claramente si se llevó a cabo el cegamiento o cómo se implementó.
- Alto riesgo de sesgo: No se realizó ningún intento de cegamiento o el cegamiento fue inadecuado.

Cegamiento (o enmascaramiento) evaluadores:

- Bajo riesgo de sesgo: Se implementa un cegamiento adecuado de los participantes y los evaluadores de los resultados.
- Riesgo incierto: No se describe claramente si se llevó a cabo el cegamiento o cómo se implementó.
- Alto riesgo de sesgo: No se realizó ningún intento de cegamiento o el cegamiento fue inadecuado.

Incompletitud de los datos:

- Bajo riesgo de sesgo: Se describe y justifica adecuadamente cualquier pérdida de seguimiento de los participantes, y se utilizan métodos apropiados para abordar los datos faltantes.
- Riesgo incierto: No se describe claramente si se abordó la pérdida de seguimiento o cómo se manejaron los datos faltantes.
- Alto riesgo de sesgo: La pérdida de seguimiento de los participantes no se aborda adecuadamente o se utilizan métodos inapropiados para manejar los datos faltantes.

Notificación selectiva de los resultados:

- Bajo riesgo de sesgo: Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados predefinidos.
- Riesgo incierto: La descripción del plan de análisis estadístico es ambigua o incompleta, o no se mencionan todos los resultados predefinidos.
- Alto riesgo de sesgo: Existe evidencia de selección inadecuada de los resultados para la presentación, por ejemplo, omisión selectiva de resultados significativos.

Otros sesgos:

- Bajo riesgo de sesgo: Se evalúan y se abordan de manera adecuada otros posibles sesgos que podrían influir en los resultados del estudio, como el sesgo de realización o el sesgo de confusión.
- Riesgo incierto: No se proporciona información suficiente para evaluar si existen otros sesgos potenciales o si se abordaron de manera adecuada.
- Alto riesgo de sesgo: Existe evidencia de sesgos adicionales significativos que podrían influir en los resultados del estudio y no se han abordado adecuadamente.

2.7 Resultados

2.7.1 Selección de los estudios

Después de ejecutar la estrategia de búsqueda en las tres bases de datos seleccionadas para llevar a cabo esta revisión, se identificaron un total de 255 artículos (163 en Scopus, 43 en PubMed y 49 en SportDiscuss).

Una vez importados al gestor bibliográfico Mendeley, se procedió a eliminar los artículos duplicados, resultando en un total de 53 artículos duplicados eliminados y quedando un total de 202 artículos únicos.

Seguidamente, se llevó a cabo un primer cribado de selección mediante la revisión del título y resumen de los artículos, descartando aquellos que no estaban relacionados con el tema de interés de esta revisión, cuyo diseño del estudio no cumplía con los criterios establecidos (revisión bibliográfica, metaanálisis, guías o informes de caso) o los que no cumplían con los criterios de elegibilidad especificados para esta revisión. Como resultado, se descartaron un total de 182 artículos, quedando un total de 20 artículos seleccionados para una evaluación más detallada mediante la lectura completa de los mismos.

Se realizó la búsqueda del texto completo de los 20 artículos seleccionados. Desafortunadamente, 8 de estos artículos no estaban disponibles en acceso a su totalidad, por lo que fueron excluidos. Esto resultó en un total final de 12 artículos que estaban disponibles para su lectura completa.

Finalmente, tras completar la lectura integral de los 12 artículos finales del filtrado, se realizó una última fase de selección en la que se incorporaron criterios de inclusión y exclusión

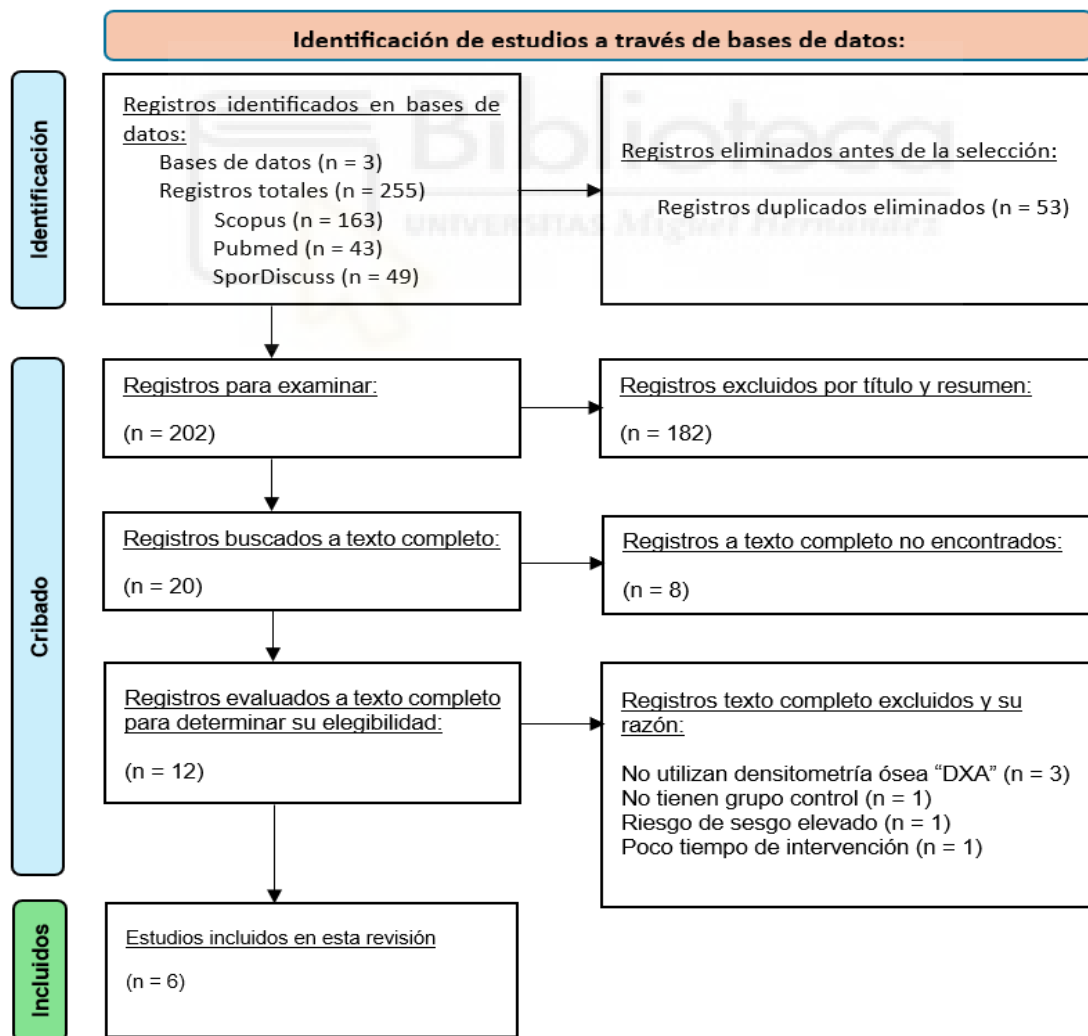
adicionales con el fin de perfeccionar la selección final y garantizar la calidad científica de los artículos escogidos. Estos criterios de elegibilidad adicionales fueron los siguientes:

- Utilización de la herramienta de medición “Gold Standard” para la medición de las variables óseas: Absorciometría de rayos X de energía dual (Dual energy X-ray absorptiometry “DXA”).
- Riesgo de sesgo muy elevado.
- Tiempo mínimo de intervención de 12 semanas.
- Grupo de comparación o control: Que en el estudio exista un grupo con el cual comparar al grupo de intervención, ya sea con otro tipo de intervención o directamente con un grupo control sin ningún tipo de intervención.

Después de este último proceso de selección, se identificaron un total de 6 artículos, de los cuales se extraerá la información definitiva para llevar a cabo esta revisión. A continuación, se muestra el diagrama de flujo que describe todo el proceso búsqueda, cribado y selección de artículos llevado a cabo para la revisión.

Figura 1

Diagrama de flujo de la selección de los artículos.



2.7.2 Riesgo de sesgo de los estudios

En el **ANEXO 1** se muestra la evaluación de cada tipo de sesgo en cada dominio y una descripción de la valoración para cada dominio, de todos los artículos incluidos en la revisión. A continuación, se muestran dos gráficos resumen de los resultados obtenidos sobre la valoración del riesgo de sesgo.

Cabe destacar que para este tipo de estudios de intervención es muy difícil cegar a los participantes sobre qué tipo de intervención están llevando a cabo durante el estudio, debido a que es muy fácil conocer qué tipo de intervención se está realizando. Debido a esto, en el dominio de riesgo de sesgo “Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización)” se ha obtenido una alta valoración de alto riesgo de sesgo. Únicamente en el trabajo de Eslamipour et al., (2023) establecieron un método para que los participantes no supieran qué tipo de intervención estaban realizando.

A continuación, se muestran unos gráficos resumen del análisis del riesgo de sesgo:

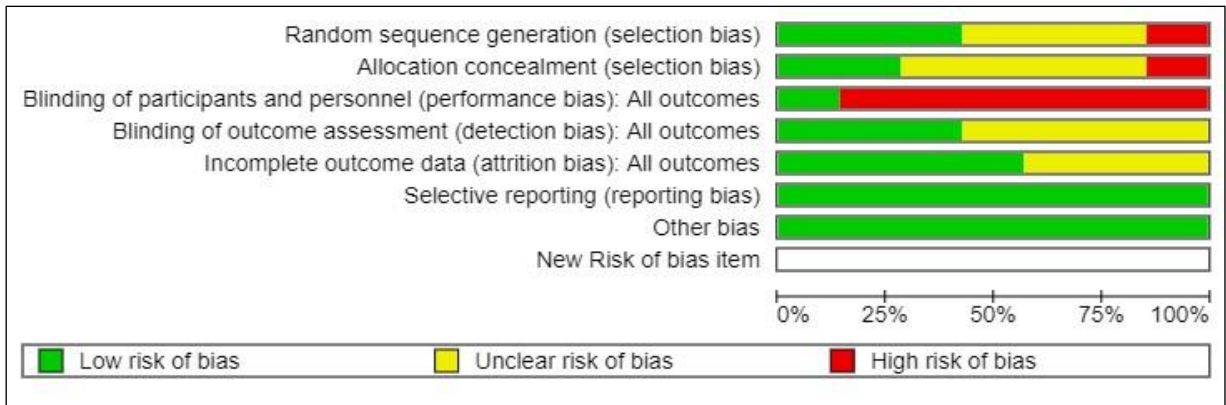
Figura 2

Gráfico resumen del riesgo de sesgo en cada dimensión para cada artículo.

	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias): All outcomes	Blinding of outcome assessment (detection bias): All outcomes	Incomplete outcome data (attrition bias): All outcomes	Selective reporting (reporting bias)	Other bias	New Risk of bias item
Borba-Pinheiro 2016	?	?	-	+	?	+	+	
Eslamipour 2023	+	+	+	?	+	+	+	
Holubiac 2022	-	-	-	?	+	+	+	
Holubiac 2023	+	?	-	+	?	+	+	
Linero 2021	?	?	-	?	+	+	+	
Mosti 2013	?	?	-	?	?	+	+	
Watson 2018	+	+	-	+	+	+	+	

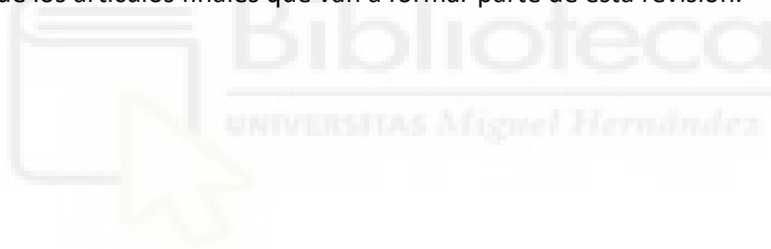
Figura 3

Gráfico resumen del porcentaje de riesgo de sesgo por cada dimensión.



Tras analizar el riesgo de sesgo en los artículos finales, se descartó un artículo por tener un riesgo de sesgo elevado (Holubiac et al., 2022). Por lo tanto, para la revisión final se han incluido un total de 6 artículos.

A continuación, en el siguiente apartado se presenta un cuadro resumen con las principales características de los artículos finales que van a formar parte de esta revisión.



3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Tabla 1

Características de los estudios incluidos y sus resultados.

Autor y año	Objetivo	Muestra	Metodología	Resultado	Conclusión
(Borba-Pinheiro et al., 2016)	Verificar los efectos de dos programas lineales de entrenamiento de fuerza (EF) sobre la densidad mineral ósea (DMO) para la columna lumbar (CL) el cuello del fémur (CF) trocánter del fémur (TF) fémur total (FT) y DMO total; además de la fuerza muscular (FM) en mujeres posmenopáusicas en tratamiento farmacológico. La principal hipótesis fue demostrar que 3 veces por semana debería ser más efectivo para mantener o aumentar la DMO en mujeres posmenopáusicas.	Un total de 52 mujeres postmenopáusicas mayores de 50 años, con baja densidad mineral ósea (puntuación T-Score $< -1,0 \pm$ SD), de diferentes etnias (25 caucásicas, 20 de afrobrasileñas y 7 de ascendencia indio-brasileña), tratadas con alendronato de sodio [70 mg] y/o vitamina D3 [5600 UI], fueron asignadas aleatoriamente y de forma paralela a 3 grupos, entrenamiento de fuerza 3 veces/semana (RT3, n = 20, edad $56,3 \pm 5,2$), entrenamiento de fuerza 2 veces/semana (RT2, n = 16, edad $60,6 \pm 7,5$) y grupo control sin ejercicio (RT0, n = 16, edad $55,3 \pm 6,8$).	Dos grupos de intervención de entrenamiento de fuerza RT3 y RT2 durante 13 meses, 60 minutos/sesión, intensidades variaron entre 60% y 90% del 10RM inicial conforme se avanzaba en el programa. 3 series/ejercicio, número de repeticiones, intervalos de descanso, respetaron el principio científico de interdependencia volumen x intensidad "American College Sports Medicine" (ACSM). Ejercicios realizados en los grupos de intervención: Press de piernas; extensión de rodilla; flexión plantar; sentadillas; aducción de cadera; glúteo; flexión del codo; extensión del codo y aducción del hombro. Y un grupo control RT0 al cual se animó a no practicar AF regular durante el período de estudio. Las variables analizadas fueron DMO (g/cm^2) mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), y fuerza muscular mediante el test 10RM (kg).	<u>DMO:</u> RT3 presentó mejoras intragrupo ($p < 0,05$) en DMO en todas las variables óseas. RT3 presentó mejoras ($p < 0,05$) respecto al CG para la DMO de CF, TF, FT y DMO total. RT2 presentó mejoras comparado con el CG en la DMO total ($p = 0,046$). <u>Fuerza muscular:</u> RT3 presentó mejoras ($p < 0,05$) con respecto a RT2, en fuerza muscular de prensa de piernas. RT3 y RT2 mostraron mejoras ($p < 0,05$) en comparación con el GC e intragrupo, en fuerza muscular de Press de piernas y extensión de rodilla. El RT0 no obtuvo diferencias significativas en ninguna variable.	Se demostró que ambos grupos experimentales (RT3 y RT2) presentaron resultados favorables en DMO, fuerza muscular, autonomía funcional y calidad de vida. Sin embargo, el RT3 con una frecuencia de entrenamiento mayor mostró los mejores resultados en comparación con otros grupos, después de 13 meses de intervención. Tanto una frecuencia de 2 sesiones por semana como de 3 sesiones por semana pueden ser efectivos. Se recomienda avanzar de forma progresiva de 2 a 3 sesiones por semana.

<p>(Eslamipour et al., 2023)</p>	<p>El objetivo de este estudio fue comparar los efectos de dos tipos de programas de entrenamiento de fuerza, un programa de entrenamiento de alta intensidad “High-Intensity Resistance Training” (HIRT) y un programa de entrenamiento de baja intensidad “Low-Intensity Resistance Training” (LIRT), con respecto a un tercer grupo control (GC) sin ningún tipo de programa de actividad física, sobre la densidad mineral ósea (DMO), el contenido mineral óseo (CMO), la puntuación ósea T y la puntuación ósea Z, en la columna lumbar (CL) y en el cuello femoral (CF) en mujeres posmenopáusicas con osteopenia.</p>	<p>Se presentaron 59 mujeres voluntarias para el estudio (sin actividad física de forma regular, sin estar en terapia hormonal, sin antecedentes de fracturas o cirugía en los últimos 6 meses y sin haber tomado medicamentos que afecten la salud ósea. De las 59 voluntarias, 45 mujeres postmenopáusicas, con una edad de entre 50 y 60 años, con osteopenia (puntuación T entre -1 y -2,5) fueron asignadas de forma controlada y aleatorizada paralela a 3 grupos (1 a 1 a 1). Se formaron dos grupos de intervención, un grupo de entrenamiento de fuerza de alta intensidad HIRT (n = 15; edad de 54,3 ± 3,5 años) y un grupo de entrenamiento de baja intensidad LIRT (n = 15; edad de 53,2 ± 3,6 años) Se formó un tercer grupo que sirvió como muestra de control GC (n = 15; edad de 53,1 ± 3,1 años).</p>	<p>Los grupos de entrenamiento de fuerza HIRT y LIRT implementaron sus programas de entrenamiento durante 24 semanas, 3 veces por semana, 3 series por ejercicio, con un descanso de 20 segundos entre serie. El grupo de entrenamiento HIRT comenzó el programa a una intensidad del 70% de 1RM en las primeras 4 semanas con pocas repeticiones (8 repeticiones) y fue incrementando la intensidad hasta alcanzar una intensidad del 85% de 1RM al final de la intervención. El grupo LIRT implementó 40% 1RM al comienzo del programa con 16 repeticiones por serie y fue incrementando la intensidad hasta alcanzar el 60% del 1RM al final de la intervención. Los ejercicios fueron sentadilla, zancada, zancada lateral, peso muerto, aducción de cadera, abducción de cadera, extensión de cadera, extensión de columna, extensión de rodilla, Press de pierna unilateral y puente. El grupo de control GC continuó su vida rutinaria sin ejercicio. Las variables que se midieron fueron la DMO (g/cm²) el CMO (g), la puntuación T y Z en CL y CF, mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA).</p>	<p>El grupo HIRT obtuvo un resultado significativamente mayor para la columna lumbar y para el cuello femoral en el contenido mineral óseo y en la puntuación ósea T con respecto al grupo de entrenamiento de fuerza de baja intensidad LIRT y con respecto al grupo control. CG (P < 0,05), en la CL para la DMO con respecto a LIRT y CG (P < 0,05) y en el CF en el Z-score con respecto a LIRT y CG (P < 0,05). Además, el HIRT fue significativamente mayor en la DMO del CF (P < 0,05) y en la Z-Score en la CL con respecto al GC (P < 0,05). El grupo LIRT fue significativamente mayor para la CL y CF en CMO con respecto al CG (P < 0,05) y en la CL para la DMO (P < 0,05), T-score (P < 0,05) y Z-score (P < 0,05) con respecto al CG.</p>	<p>El HIRT (85% 1RM) resultó ser el tipo de entrenamiento más efectivo para la mejora de los índices óseos (DMO, CMO, puntuación T y Z) en 24 semanas en mujeres con osteopenia.</p> <p>Además, un programa LIRT de 24 semanas (60% 1RM) también podría ser beneficioso y contrarrestar con éxito la pérdida de índices óseos en las áreas del cuello femoral y de la columna lumbar, particularmente para personas con osteoartritis o dolor en las articulaciones o aquellos con osteoporosis severa, que no podrían seguir un programa HIRT.</p> <p>En ambos grupos se observaron cambios significativos.</p>
----------------------------------	---	--	---	---	--

<p>(Holubiak & Leuciuc, 2023)</p>	<p>El objetivo de este estudio radica en examinar y validar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza de intensidad moderada, aplicado durante un período de 12 meses, sobre la densidad mineral ósea (DMO) en diversas regiones del fémur (incluyendo el cuello femoral, el área trocantérica, la zona intertrocantérica, el triángulo de Ward y la densidad mineral ósea total del fémur) en comparación con un grupo de control el cual no participe en ningún programa de ejercicio físico, en mujeres postmenopáusicas diagnosticadas con baja densidad mineral ósea (osteopenia u osteoporosis).</p>	<p>De un total de 70 voluntarias fueron seleccionadas un total de 45 mujeres sedentarias, no fumadoras, que no estuvieran en ningún tipo de tratamiento de terapia hormonal al menos desde los últimos 5 años y las cuales padecían osteopenia u osteoporosis (puntuación de T-Score entre -1,5 y -3). Finalmente fueron analizadas al final del estudio un total de 39 mujeres, las cuales habían sido divididas aleatoriamente en dos grupos; un grupo intervención el cual siguió el programa de entrenamiento de fuerza de moderada intensidad propuesto para este estudio (grupo de ejercicio GE, n = 20, edad 56 ± 2,9 años) y un grupo control el cual no participó en ninguna actividad física (grupo de control GC, n = 19, edad 56,4 ± 2,1 años).</p>	<p>El grupo intervención realizó un programa de entrenamiento de fuerza durante 12 meses, 2 sesiones por semana, 6 ejercicios, 2 series de 12 repeticiones cada ejercicio (6 reps. al 70% + 6 reps. al 50% del 1RM), descansos entre 60 y 90 segundos. Ejercicios 1ª sesión de la semana (aducción de cadera, abducción de cadera, extensión de cadera, fondos de tríceps, flexión de cadera, extensión de espalda) y de la segunda sesión (Curl de bíceps en banco Scott, prensa de piernas, sentadillas con peso corporal, curl de piernas en decúbito prono, remo en máquina, extensión de piernas sentado). Ejercicios dirigidos a los músculos que se originan o insertan en el fémur para generar estrés mecánico y estimular así la región del hueso en cuestión. El GC se le animó a no realizar ejercicio durante el periodo de intervención. Las variables analizadas de la intervención fueron densidad mineral ósea "DMO" (g/cm²) del fémur (cuello femoral, área trocantérica, área intertrocantérica, triángulo de Wards y DMO total del fémur. Se midió mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA).</p>	<p>Los resultados mostraron que la densidad mineral ósea aumentó significativamente en el grupo de intervención en todas las regiones del fémur; cuello femoral ($\Delta\% = +2,05$; $p = 0,001$), área trocantérica ($\Delta\% + 3,80$; $p = 0,001$), área intertrocantérica ($\Delta\% = +0,97$; $p = 0,013$), triángulo Ward ($\Delta\% = +1,77$; $p = 0,023$) y la densidad mineral ósea total del fémur ($\Delta\% +1,97$; $p = 0,001$). El grupo control no obtuvo diferencias significativas en ninguna de las regiones del fémur.</p> <p>Entre grupos también hubo diferencias significativas respecto al cuello femoral ($F(1, 36) = 6.62$; $p = 0,01$), al área trocantérica ($F(1, 36) = 16.48$, $p < 0.001$) y en la densidad mineral ósea total del fémur ($F(1, 36) = 7.09$, $p = 0.01$).</p>	<p>El protocolo propuesto, diseñado para este estudio, de entrenamiento de fuerza de moderada intensidad, que se distingue por su enfoque de alternancia entre intensidades del 70% y del 50% de una repetición máxima (1RM) dentro de una misma serie de ejercicio, ha revelado ser una estrategia efectiva para promover el aumento de la densidad mineral ósea en regiones específicas del fémur en mujeres posmenopáusicas con osteopenia u osteoporosis. Los resultados derivados de este estudio confirman que la aplicación de una intensidad moderada es también capaz de mejorar significativamente la densidad mineral ósea en esta población clínica.</p>
---------------------------------------	--	---	---	--	--

<p>(Linero & Choi, 2021)</p>	<p>Investigar los efectos del entrenamiento de fuerza de baja intensidad junto con restricción del flujo sanguíneo “Blood Flow Restriction” (BFR) aplicado en el sitio más proximal de las extremidades superiores e inferiores mediante manguitos, sobre la densidad mineral ósea (DMO) y la puntuación T en el cuello femoral (CF) y en la columna lumbar (CL), los marcadores de formación ósea “type 1 collagen amino-terminal propeptide” (P1NP) y marcador de resorción ósea “type 1 collagen C breakdown products” (CTX), la fuerza muscular de 1 repetición máxima (1RM), en mujeres posmenopáusicas con baja densidad ósea.</p>	<p>De 37 mujeres voluntarias postmenopáusicas de entre 50 y 60 años, 26 mujeres (56 ± 1,8 años) fueron seleccionadas para el estudio, de las cuales 12 tenían osteopenia y 14 tenían osteoporosis (T-Score: 2,5 ± 0,7). La muestra fue asignada aleatoriamente a 4 grupos de entrenamiento de fuerza, los cuales fueron: grupo de entrenamiento de fuerza de moderada a alta intensidad “Moderate to High-Intensity RT” (MHIRT; n = 7), grupo de entrenamiento de fuerza de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo “BFR Low-Intensity RT” (LIBFR; N = 7), grupo de de entrenamiento de fuerza de baja intensidad “Low-Intensity RT” (LIRT; n = 6) y un grupo control (GC; n = 6) el cual no siguió ningún tipo de programa de actividad física.</p>	<p>Los programas de entrenamiento fueron realizados 3 veces/semana durante 12 semanas. Los grupos MHIRT, LIBFR y LIRT realizaron en cada sesión un calentamiento aeróbico de 10 minutos y los ejercicios de prensa de piernas, extensión de piernas, Curl de bíceps con mancuernas y extensión de tríceps. El grupo MHIRT realizó 3 series de 10 repeticiones por ejercicio, 60s de descanso entre series, intensidad del entrenamiento del 60% al 80% de 1RM (60% 1RM en la primera y segunda semana, 70% 1RM en la tercera y cuarta semana, 80% 1RM desde la quinta semana). La intensidad del entrenamiento de los grupos LIBFR y LIRT fue del 30% de 1RM, y cada entrenamiento y se realizó 3 series de 20 repeticiones 30s de descanso entre series. Las variables para analizar fueron la DMO (g/cm²) mediante absorciometría dual de rayos X (DEXA), fuerza muscular mediante el test 1RM (kg) de extremidades inferiores y superiores, y los marcadores de remodelación ósea P1NP y CTX mediante Inmunoensayo de electroquimioluminiscencia.</p>	<p>La 1RM extremidades inferiores y superiores aumentaron de forma significativa en MHIRT (65%, p < 0,001) y en LIBFR (40%, p < 0,05), LIRT solo mostró un incremento significativo en 1-RM de las extremidades inferiores (28%, p < 0,05). No hubo cambios significativos en la DMO en MHIRT, LIBFR y LIRT. Sin embargo, la DMO columna lumbar y la puntuación T en GC disminuyeron de forma significativa 0,04 g/cm² (3,5%) y 0,3 (p < 0,05). El grupo LIBFR aumentó de forma significativa (p < 0,05) los marcadores de formación ósea P1NP (+7,05 ng/ml) con respecto al grupo LIRT. El grupo MHIRT obtuvo un pequeño aumento significativo de CTX (+0.098 ng/ml) y un gran aumento significativo (+9.2 ng/ml) ambos con p < 0.05.</p>	<p>La restricción del flujo sanguíneo durante el entrenamiento de resistencia de baja intensidad (LIBFR) reveló ser más efectiva para aumentar la fuerza muscular y los marcadores de formación ósea en mujeres posmenopáusicas con baja densidad ósea en comparación con el entrenamiento de resistencia tradicional de baja intensidad (LIRT).</p> <p>El entrenamiento de resistencia de intensidad moderada a alta (MHIRT) mostró la mayor mejora en la fuerza muscular y en los marcadores de formación ósea P1NP, pero es cierto que un entrenamiento de dicha intensidad puede ocasionar mayor riesgo de lesión, por lo que iniciar un programa de entrenamiento.</p>
----------------------------------	--	---	---	---	---

<p>(Mosti et al., 2013)</p>	<p>Comprobar si un programa de entrenamiento de fuerza máxima (EFM) en el ejercicio de sentadilla mejoraría el peso máximo a levantar en una sola repetición (1RM), la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD, "Rate of Force Development" en inglés) y si produce una mejora de la densidad mineral ósea (DMO), el área ósea, el contenido mineral óseo (CMO) y los marcadores séricos del metabolismo óseo, marcador de formación ósea "type 1 collagen amino-terminal propeptide" (P1NP), y marcador de resorción ósea "type 1 collagen C breakdown products" (CTX) en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis u osteopenia.</p>	<p>Para el estudio se obtuvo un total 21 mujeres voluntarias con al menos 2 años de posmenopausia, con menos de 75 años y una puntuación T de DMO entre -1,5 y -4,0 en la columna lumbar, el cuello femoral o la cadera total, fueron reclutadas para el estudio y estratificadas según su puntuación T de densidad mineral ósea y asignadas aleatoriamente a un grupo de entrenamiento) y a un grupo control.</p> <p>De las 21 mujeres participantes asignadas a los grupos, se perdieron un total 5 entre ambos grupos. Finalmente, un total de 16 mujeres terminaron el estudio satisfactoriamente y fueron analizadas al principio y al final del estudio. Grupo de entrenamiento (GE, n = 8, 61.9 ± 5.0 años) y grupo control (GC, n = 8, 66,7 ± 7,4 años).</p>	<p>El grupo de entrenamiento realizó un programa de EFM de 12 semanas supervisado, 3 veces por semana, 1 ejercicio de sentadilla jaca en máquina, con énfasis en la velocidad de ejecución inicial del movimiento concéntrico. Calentamiento: 2 series de 8 a 12 repeticiones a aproximadamente el 50% de la carga de entrenamiento del participante, parte principal 4 series de 3 a 5 repeticiones al 85-90% del 1RM, descansos de 2 a 3 minutos. Se analizaban las cargas en cada entrenamiento para ir ajustando la intensidad progresivamente. El grupo control siguió las pautas de ejercicio para pacientes osteoporóticos, según la "American College Sports Medicine" (ACSM). Las variables analizadas fueron la DMO (g/cm²), CMO (g) y el área ósea (cm²) mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), fuerza máxima mediante test 1RM (kg), el RFD (N·s⁻¹) y el pico de fuerza máxima (PF)(N) mediante plataforma de fuerza, y marcadores séricos óseos, marcador de formación ósea "P1NP" (μ·L⁻¹) mediante radioinmunoensayo y el marcador de resorción ósea "CTX" (ng·L⁻¹) mediante ensayo inmunoabsorbente.</p>	<p>El GE mejoró 1RM y RFD en un 154 ± 75% (p = 0,012) y un 52 ± 46% (p = 0,018), respectivamente. El GC no mejoró el 1RM. El RFD mejoró en un 6,4 ± 4,6% (p = 0,028), dentro del GE. El CMO en la columna lumbar aumentó en un 2,9 ± 2,8 % (p = 0,012) en el GE. Este cambio fue significativamente mayor que en el GC (p = 0,028). El CMO en el cuello femoral aumentó en un 4,9 ± 5,6% (p = 0,043) dentro del GE. El área ósea aumentó en un 2,4 ± 2,0% (p = 0,012) en la columna lumbar y en un 5,2 ± 5,1% (p = 0,036) en el cuello femoral. No se produjeron cambios en el CG. No hubo cambios significativos en los marcadores de séricos óseos, aunque en el GE aumentó el P1NP, disminuyó el CTX y por tanto mejoró la ratio P1NP/CTX.</p>	<p>De acuerdo con la hipótesis, 12 semanas de EFM en sentadilla jaca mejoraron el 1RM, RFD y CMO en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis u osteopenia. Debido a que es probable que los pacientes con masa ósea reducida se beneficien de las mejoras en 1RM y RFD, y especialmente de la ganancia en CMO, nuestros datos sugieren que el EFM tiene potencial en la prevención y el tratamiento de la osteoporosis. No se encontraron diferencias significativas para la DMO, aunque la tendencia fue en aumento en todas sus variables. Se cree que fue debido al periodo tan corto de intervención. Sería necesario más tiempo de intervención.</p>
-----------------------------	--	--	---	---	---

<p>Watson et al. (2018)</p>	<p>El objetivo de este estudio fue determinar la eficacia de un programa de entrenamiento de fuerza e impacto de alta intensidad orientado a mejorar la densidad mineral ósea (DMO) del cuello femoral (CF) y de la columna lumbar (CL) en mujeres posmenopáusicas con osteopenia u osteoporosis asociada. Los objetivos secundarios fueron determinar la geometría del cuello femoral (espesor cortical, volumen óseo y contenido mineral óseo "CMO"), la fuerza muscular de los extensores de rodilla y extensores de columna y determinar el rendimiento funcional mediante la evaluación en diferentes tests.</p>	<p>Un total de 101 mujeres posmenopáusicas (edad 65 ± 5 años) con baja masa ósea (puntuación T-Score < -1,0 en la cadera y/o la columna espinal) fueron incluidas para estudio. La muestra fue asignada aleatoriamente a un grupo de entrenamiento de fuerza e impacto de alta intensidad "High-intensity resistance and impact training" (HiRIT, n = 49) o a un grupo control de entrenamiento de fuerza de baja intensidad (CON = 52). Durante el estudio se perdió un total de 6 participantes en el grupo HiRIT y un total de 9 participantes en el grupo CON. Finalmente, se analizaron un total de 86 participantes (43 participantes por cada uno de los grupos) para evaluar el efecto de los distintos programas de entrenamiento sobre la densidad mineral ósea.</p>	<p>Grupo de intervención realizó el entreniameto HiRIT, durante 8 meses supervisado de 30 minutos, dos veces por semana, 5 series de 5 repeticiones, > 80/85% de 1 repetición máxima (1RM), 4 ejercicios principales (peso muerto, Press de hombros, sentadilla y saltos potentes con impacto en caída), realizando 2 series de peso muerto al 50% al 70% de 1 RM de calentamiento. El primer mes de la intervención incluyó variantes de ejercicios de peso corporal y de baja carga, centrándose en el aprendizaje progresivo de los patrones de movimiento. Grupo CON, programa de ejercicio de baja intensidad de 30 minutos dos veces por semana (10 a 15 repeticiones, < 60% 1 repetición máxima) 4 ejercicios (zancadas, flexión plantar, elevación frontales y encogimiento de hombros) en el hogar. Las variables analizadas incluyeron la DMO (g/cm²) de la columna lumbar y el fémur proximal y la geometría del fémur proximal mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), la fuerza isométrica máxima de extensores de rodilla y de columna mediante dinamómetro isométrico (Kg) y otras medidas de rendimiento funcional.</p>	<p>El grupo de intervención HiRIT obtuvo mejoras significativas con respecto al grupo CON para la DMO de la columna lumbar (2,9 ± 2,8% vs -1,2 ± 2,8%, p < 0,001), DMO del cuello femoral (0,3 ± 2,6 % vs -1,9 ± 2,6%, p = 0,004), el CMO cortical del CF (7,7 ± 21,3 % vs 6,2 ± 21,3 %, p=0,028) y el espesor cortical del CF (13,6 ± 16,6 % vs 6,3 ± 16,6 %, p = 0,027).</p> <p>El grupo intervención HiRIT obtuvo mejoras significativas con respecto al grupo CON para todas las medidas de rendimiento funcional, fuerza isométrica máxima de extensores de rodilla (35.2 ± 19.8% vs 8.1 ± 20.7%, p<0.001) y extensores de columna (36.0 ± 22.4% vs 11.0 ± 22.4%, p<0.001) y para todos los tests de rendimiento funcional (p<0.001).</p>	<p>El programa del grupo de entrenamiento de fuerza e impacto de alta intensidad HiRIT fue superior al grupo CON, puesto que mejoró los índices de salud ósea y de rendimiento funcional en mujeres posmenopáusicas con baja masa ósea. El entrenamiento de fuerza e impacto de alta intensidad es capaz de producir mejoras significativamente mayores que un entrenamiento de fuerza de baja intensidad. Además, HiRIT no indujo eventos adversos en condiciones altamente supervisadas por un profesional del ejercicio físico, lo que indica que la presencia de un profesional del ejercicio físico es de suma importancia para este tipo de entrenamiento.</p>
-----------------------------	---	---	--	--	--

4. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión fue revisar la literatura más reciente para comprobar si el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es el que más mejora la salud ósea con respecto a intensidades moderadas o bajas, además de para conocer las últimas evidencias y verificar los beneficios del entrenamiento de fuerza en mujeres postmenopáusicas con respecto a la salud ósea y la fuerza muscular, para explorar distintas intervenciones con diferentes estrategias e intentar plantear una programa de entrenamiento que reúna los aspectos más importantes obtenidos en la revisión de esos estudios, para intentar mejorar prevalencia de esta enfermedad en esta población.

4.1 Características de la muestra

Para nuestra revisión, se tuvo en cuenta a mujeres que tuvieran una puntuación de T-Score que revelase la presencia de osteopenia (puntuación T-Score entre -1,0 y -2,5), así como mujeres con niveles que indicaran la presencia de osteoporosis (puntuación T-Score menor a -2,5) (Kanis & Kanis, 1994).

Las características de la muestra estudiada en cuanto a la edad fueron comprendidas entre los 50 y 68 años aproximadamente. Como ya se ha mencionado en el apartado de introducción, la edad media de inicio de la perimenopausia es alrededor de los 47 años (McKinlay et al., 1992), y la edad media de la aparición de la menopausia es aproximadamente sobre 52,54 años (Gold et al., 2013).

Con lo cual los rangos de edades de las muestras de los artículos revisados son óptimos porque se considera que están dentro de un estado de menopausia o postmenopausia, que será cuando más se manifieste ese estado de pérdida de calidad ósea debido a los cambios hormonales que se dan en la menopausia en la mujer.

En todos los estudios menos en el de Holubiac & Leuciuc, (2023), se controló el tiempo de estado de postmenopausia en los requisitos de inclusión para intentar que las fluctuaciones en los niveles de estrógenos no afectasen a los resultados.

En 3 de los trabajos revisados (Borba-Pinheiro et al., 2016; Holubiac & Leuciuc, 2023; Mosti et al., 2013) controlaron en los criterios de inclusión el posible efecto de la suplementación con calcio o vitamina D o con respecto a los medicamentos para la baja densidad mineral ósea, para asegurar que la muestra se distribuía de forma homogénea en los grupos y no influyera en los resultados. En las otras investigaciones (Eslamipour et al., 2023; Linero & Choi, 2021; Watson et al., 2018) se tomaron medidas en los criterios de inclusión para asegurar la muestra homogénea en relación con la medicación contra la osteoporosis, pero no tuvieron control en la suplementación con calcio o vitamina D en la muestra.

4.2 Potencia estadística

En casi todos los trabajos revisados la cantidad de muestra fue suficiente para garantizar el poder estadístico y poder detectar diferencias significativas en los resultados (Borba-Pinheiro et al., 2016; Eslamipour et al., 2023; Holubiac & Leuciuc, 2023; Watson et al., 2018). En el trabajo de Mosti et al. (2013) se utilizó una prueba de estadística no paramétrica debido a que el tamaño de la muestra era pequeño, pero obteniendo una potencia del 80% con un nivel de significancia del 5%. En el artículo de Linero & Choi, (2021) se llevó a cabo con una muestra de 26 participantes, pero no se menciona nada acerca de la potencia de las pruebas estadísticas,

sin embargo, se utilizaron pruebas estadísticas paramétricas y se observaron cambios significativos en los parámetros óseos.

4.3 Densidad mineral ósea y contenido mineral óseo

En 2 de los trabajos revisados (Eslamipour et al., 2023; Watson et al., 2018) se llevaron a cabo programas de entrenamiento de fuerza de **moderada-alta intensidad (70% al 85% del 1RM)** y se compararon sus resultados con otros programas de entrenamiento de fuerza de baja-moderada intensidad (40% al 60% del 1RM). En dichos trabajos los grupos de intervención de alta intensidad obtuvieron mejoras significativas mayores a nivel de salud ósea tanto intra-grupo como entre grupos en relación con la densidad mineral ósea y el contenido mineral óseo del cuello femoral y la columna lumbar.

Además, el grupo de **moderada-alta intensidad** en el trabajo de Eslamipour et al. (2023) también mejoró significativamente con respecto a las puntuaciones T-score de la columna lumbar y del cuello femoral y de Z-Score del cuello femoral, con respecto al grupo de intervención de baja-moderada intensidad y con respecto al grupo control.

En el trabajo de Watson et al. (2018) el grupo de **moderada-alta intensidad** también mejoró de forma significativa con respecto al grupo de baja-moderada intensidad en la geometría del cuello del fémur sobre el grosor cortical, y de forma intragrupo en el volumen y grosor corticales del cuello femoral. Además, el grupo de baja-moderada intensidad empeoró de forma significativa intragrupo la densidad mineral ósea de la columna lumbar y del cuello femoral.

En la investigación de Linero & Choi, (2021), se comparó un grupo de intervención de entrenamiento de fuerza de **moderada-alta intensidad (70% al 80% del 1RM)** con respecto a dos grupos control con entrenamientos de fuerza de baja intensidad (30% del 1RM), uno de ellos con restricción del flujo sanguíneo. En este caso el grupo de moderada-alta intensidad no obtuvo mejoras significativas con respecto a los grupos de baja intensidad en relación a la densidad mineral ósea y puntuación T-Score de la columna lumbar total y cuello femoral, aunque consiguieron mantener su salud ósea. Los grupos de baja intensidad tampoco obtuvieron mejoras significativas. Sin embargo, el grupo control empeoró significativamente la densidad mineral ósea total y la puntuación T-score de la columna lumbar. Estos resultados podrían no estar en concordancia con los resultados obtenidos en el resto de los trabajos en los cuales la moderada-alta intensidad obtuvo mejoras significativas mayores a otros grupos con intensidades más bajas o con respecto al grupo control. Esto pudo ser debido a que el tiempo de intervención de dicho trabajo fue solo de 12 semanas.

En el trabajo de Mosti et al. (2013) se llevó a cabo un programa de **entrenamiento de alta intensidad** de entrenamiento de fuerza máxima (85% al 90% del 1RM) y se comparó con respecto a un grupo control que siguió las recomendaciones de ejercicio de la ACSM "American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health" (Kohrt et al., 2004). El grupo de alta intensidad mejoró de forma significativa el contenido mineral óseo de la columna lumbar (intra e inter-grupo) y del cuello femoral intra-grupo. En cambio, la densidad mineral ósea no obtuvo cambios significativos, aunque con tendencia al aumento. En el propio trabajo se consideró que el tiempo de intervención (12 semanas) era insuficiente para detectar adaptaciones óseas. Aun así, hubo cambios significativos en el contenido mineral óseo en la columna lumbar y en el cuello femoral.

Para garantizar la detección de cambios en la densidad mineral ósea se necesita un mínimo de 6 meses para asegurar que los cambios del ciclo de remodelación ósea sean detectables (Nishizawa et al., 2019). Por tanto, en estas dos investigaciones revisadas (Linero & Choi, 2021;

Mosti et al., 2013) el tiempo de intervención no fue suficiente para poder detectar cambios en la densidad mineral ósea.

En algunos estudios, por ejemplo, el de Basat et al., (2013) observaron un aumento ($\Delta\% = 1,6$) en la densidad ósea del cuello femoral entre mujeres con osteoporosis posmenopáusica después de solamente 6 meses de entrenamiento.

En el resto de los trabajos revisados (Borba-Pinheiro et al., 2016; Eslamipour et al., 2023; Holubiac & Leuciuc, 2023; Watson et al., 2018) las duraciones de las intervenciones fueron suficientes para poder detectar con facilidad todos los cambios posibles en cuanto a la salud ósea se refiere, ya que los tiempos de intervención de dichos estudios tuvieron una duración desde los 6 a los 13 meses.

Todos estos resultados mencionados hasta ahora están en concordancia con la recomendación de Daly et al. (2019) sobre la necesidad de una intensidad moderada-alta de 70% al 85% del 1RM y de una frecuencia de 2 a 3 sesiones por semana, para poder generar suficiente estímulo osteogénico. Anteriormente se verificó que los mayores beneficios esqueléticos del entrenamiento de fuerza para la columna y la cadera se lograron cuando la resistencia (peso) se incrementó progresivamente con el tiempo y la magnitud de la carga fue alta (alrededor del 80-85% de 1 repetición máxima [RM]) (Kerr et al., 1996). En este mismo estudio se obtuvo resultados que apoyan la noción de una respuesta ósea específica del sitio a la carga máxima del ejercicio de resistencia y además se concluyó que la carga máxima es más importante que el número de ciclos de carga para aumentar la masa ósea en mujeres posmenopáusicas tempranas. La misma conclusión es reforzada por un artículo de revisión que destaca el hecho de que los ejercicios con mayor intensidad producen las mayores presiones y cargas sobre el hueso, hecho que en última instancia conduce a la remodelación ósea (Sam Koshy et al., 2022). En un estudio, el aumento de la densidad mineral ósea se relacionó linealmente con la cantidad total de peso levantado en un programa de entrenamiento de resistencia progresiva (Cussler et al., 2003).

El entrenamiento se debe realizar al menos dos veces por semana y los ejercicios deben implicar grupos musculares grandes que cruzan la cadera y la columna (Zhao et al., 2015).

En el trabajo de (Von Stengel et al., 2007) se determinó que el entrenamiento de fuerza a altas velocidades (potencia) fue mejor que el entrenamiento de fuerza convencional a velocidades normales, para mantener la densidad mineral ósea en mujeres posmenopáusicas. En otra revisión se planteó que los ejercicios deben realizarse con una intensidad del 70% al 90% de 1RM, y se deben realizar a alta velocidad durante cortos intervalos de tiempo para asegurar los beneficios en la salud ósea. Además, las mujeres posmenopáusicas deben hacer ejercicios con algunas precauciones, para evitar el riesgo de lesiones y fracturas. Por ello, es estrictamente recomendable que se siga un programa prescrito por un especialista en el área de la actividad física (Fernandes Moreira et al., 2014).

Según una revisión de Zemadani, (2023) los estudios de mayor calidad proporcionan evidencia de que la carga axial a intensidades moderadas a altas combinadas con un entrenamiento de fuerza progresivo es el estímulo más eficiente para mejorar la fuerza ósea en la columna y la cadera. Incluso para las mujeres con una DMO baja o extremadamente baja, el ejercicio de alta intensidad parece ser una estrategia de tratamiento segura cuando se realiza bajo la supervisión adecuada.

En la investigación de Holubiac & Leuciuc, (2023), se obtuvieron mejoras significativas intragrupo para todas las regiones del fémur en cuanto a la densidad mineral ósea para el grupo de entrenamiento de **moderada intensidad** (50% al 70% del 1RM) e inter-grupo con respecto al grupo control en el cuello femoral, área trocantérica y en la densidad mineral ósea total.

A pesar de que la evidencia científica es afirmante acerca de que la intensidad debe ser de moderada a alta para generar las mayores mejoras en la salud ósea, este trabajo consiguió

mejoras significativas con un protocolo de entrenamiento de moderada intensidad. Es por eso por lo que fue incluido en esta revisión para poder establecer una mejor estrategia progresiva del programa de entrenamiento de fuerza que se propone en esta revisión, intentando que se obtengan beneficios en la salud ósea ya desde intensidades moderadas.

En cuanto a los trabajos que tuvieron grupos de entrenamiento de fuerza de **baja-moderada** intensidad de sobre el 40% al 68% del 1RM (Borba-Pinheiro et al., 2016; Eslamipour et al., 2023) comparados con grupo control sin actividad física, se obtuvieron mejoras significativas en la salud ósea.

En el caso de Borba-Pinheiro et al., (2016), se obtuvieron mejoras intragrupo para la densidad mineral ósea en la columna lumbar, en el cuello femoral, en el área trocantérica y en la densidad mineral ósea total, además de mejoras significativas entre grupos con respecto al grupo control sin actividad física en todas las regiones del fémur y en la densidad mineral total. Pero estas mejoras sólo se produjeron en el grupo de intervención que realizó 3 entrenamientos por semana. En el caso del grupo que realizó 2 entrenamientos por semana con misma intensidad de entrenamiento por sesión no obtuvo mejoras significativas intragrupo y solo mejoró significativamente entre grupos con respecto al grupo control en la densidad mineral ósea total. Esto puede ser debido a que tanto la intensidad como la frecuencia fueron insuficientes para generar estímulo osteogénico. La intensidad en dicho trabajo fue aumentando de forma progresiva durante los meses de intervención, por lo que parte del tiempo del programa se trabajó a intensidades relativamente bajas, quizás insuficientes, para generar estímulo óseo. La recomendación según Daly et al. (2019) es de realizar 2 a 3 sesiones semanales, pero asegurando una intensidad moderada-alta de 70% al 85% del 1RM.

En el caso del trabajo de Eslamipour et al. (2023) el grupo de entrenamiento de baja-moderada intensidad mejoró significativamente en la densidad mineral ósea, contenido mineral óseo, puntuación T-Score y Z-Score de la columna lumbar, y en el contenido mineral óseo del cuello femoral. Esto pudo ser debido a que, a pesar de ser intensidades bajas o moderadas, el tiempo de intervención del programa fue durante 6 meses, además de que se realizaron 3 sesiones por semana, 12 ejercicios por sesión, 3 series de 8 repeticiones, lo que puede implicar una carga suficiente de entrenamiento y por lo tanto puede empezar a generar un estímulo suficiente para estimular la osteogénesis.

4.4 Biomarcadores de remodelación ósea

En cuanto a los marcadores de remodelación ósea, sólo se midieron en 2 de los 6 artículos finales. En el trabajo de Linero & Choi, (2021) el grupo de intervención de entrenamiento de fuerza de moderada-alta intensidad (70% al 80% del 1RM) y el grupo de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo (30% del 1RM) obtuvieron mejoras significativas del marcador de formación ósea "Procollagen Type 1 N-Terminal Propeptide" (P1NP). El grupo de entrenamiento de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo logro un aumento considerable de la ratio P1NP/CTX, aunque no de forma significativa.

En la investigación de Mosti et al. (2013), no hubo cambios significativos en los biomarcadores óseos, aunque en el grupo de entrenamiento de fuerza de alta intensidad (85% al 90% del 1RM) se observó una tendencia positiva en la mejora de los biomarcadores y de la ratio de los mismos, mientras que en el grupo control la tendencia fue a empeorar los valores y la ratio.

El estímulo químico inducido por la restricción del flujo sanguíneo junto al entrenamiento de fuerza de baja intensidad por lo tanto puede ser adecuado para estimular la formación ósea de forma similar al entrenamiento de fuerza de moderada-alta intensidad (Karabulut et al., 2011). En este estudio se investigó los efectos del entrenamiento de fuerza de alta intensidad y

del entrenamiento de fuerza de baja intensidad con restricción vascular en marcadores óseos. Se encontró que ambos tipos de entrenamiento produjeron aumentos significativos en los marcadores óseos casi de forma similar, y no hubo diferencias significativas entre los dos grupos de entrenamiento.

Una ventaja de estos marcadores en el ciclo de recambio óseo es su respuesta rápida a los tratamientos, los cambios en los marcadores de remodelación ósea pueden ser detectables en un periodo de tiempo relativamente corto, antes de que se puedan detectar cambios en la densidad mineral ósea (Kelly, 2019).

4.5 Fuerza muscular

En 4 de los 6 artículos finales revisados se midieron valores de fuerza muscular (Borba-Pinheiro et al., 2016; Linero & Choi, 2021; Mosti et al., 2013; Watson et al., 2018). En todos ellos, tanto los programas de entrenamiento de fuerza de moderada y de alta intensidad fueron capaces de mejorar la fuerza muscular de forma significativa en los grupos musculares trabajados durante sus programas.

En el metaanálisis de Rhea et al. (2003) se demostró que, con respecto al entrenamiento de fuerza en poblaciones no entrenadas, el 60% del 1 RM, 3 días por semana, empleando cuatro series por grupo muscular, provocó el mayor aumento en la magnitud de la fuerza; en cambio, en poblaciones entrenadas, el 80% del 1 RM, entrenando 2 días por semana, empleando cuatro series por grupo muscular, provocó las mayores ganancias de fuerza.

Esto es indicativo de que aumentar la intensidad del entrenamiento de fuerza de forma progresiva es necesario para sobrecargar suficientemente el sistema neuromuscular a medida que uno se acostumbra más al entrenamiento.

En otro estudio, un programa de entrenamiento de fuerza de 16 semanas logró provocar cambios significativos en los indicadores de fuerza muscular, manteniendo, sin embargo, los niveles de composición corporal (Bonganha et al., 2012).

Cabe destacar que, en la investigación de Linero & Choi, (2021), el grupo de entrenamiento de fuerza de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo (30% del 1RM) fue capaz de obtener mejoras similares en la fuerza muscular con respecto al grupo de moderada-alta intensidad (70% al 80% del 1RM) y además mejoras significativamente mayores en cuanto a los niveles de fuerza, tanto intra como entre grupos con respecto al grupo de entrenamiento de baja intensidad sin restricción del flujo sanguíneo y con respecto al grupo control. Dado que la producción de lactato fue idéntica en ambos grupos de intervención tras cada sesión, la mayor secreción de la hormona del crecimiento en el grupo de restricción del flujo sanguíneo pudo ser debido al efecto de la hipoxia y de la acumulación de metabolitos como el lactato. Esto puede hacer que se induzca la hipertrofia muscular a través de la vía mTOR (Mammalian Target of Rapamycin) y por tanto mayor síntesis muscular y mayor fuerza muscular. Estos resultados sugieren que el estrés inducido por el ejercicio con restricción del flujo sanguíneo puede aumentar el estrés metabólico, y esto está asociado con respuestas agudas de la hormona de crecimiento, lo que puede estimular adaptaciones musculares crónicas después del entrenamiento de resistencia (Goto et al., 2005).

4.6 Rendimiento funcional

En 2 de los artículos revisados se hicieron mediciones de rendimiento funcional. En el estudio de Watson et al. (2018), el grupo de entrenamiento de alta intensidad mejoró de forma significativa entre grupos con respecto al grupo control en todos los tests realizados (Timed up-

and-go, Five times sit-to-stand, Functional reach test, Vertical jump) e intragrupo en todos menos en el salto vertical. En el caso del trabajo de (Borba-Pinheiro et al. (2016), ambos grupos de entrenamiento de moderada intensidad de 2 o 3 sesiones por semana mejoraron de forma significativa el rendimiento funcional con respecto al grupo control y además mejoraron intragrupo de forma significativa ambos. El grupo de 3 sesiones por semana mejoró de forma significativa con respecto al grupo de 2 sesiones por semana. En este trabajo el rendimiento funcional se midió a través del protocolo “Latin American Development Group for Maturity” (GDLAM) (dantas et al., 2011).

El entrenamiento de alta velocidad con intensidades bajas a moderadas (20-80% de 1 RM) ha sido tolerable en poblaciones mayores y ha demostrado consistentemente mejorar la producción de potencia, la fuerza y el rendimiento en actividades de la vida diaria, como levantarse de una silla y el equilibrio (“American College of Sports Medicine Position Stand. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults,” 2009). Un programa de entrenamiento de calidad debería mejorar la calidad de vida al aumentar varios componentes de la aptitud muscular, es decir, fuerza, equilibrio, etc. (Evans, 1999).

4.7 Conclusiones

En esta revisión se concluye que el entrenamiento de fuerza ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la densidad mineral ósea, reducir el riesgo de fracturas, aumentar la fuerza muscular y aumentar la autonomía funcional en mujeres menopáusicas con baja densidad mineral ósea.

Se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza con intensidades moderadas (hasta el 70% del 1 RM) con un suficiente volumen (mínimo de 3 sesiones/semana) ya es suficiente para generar un estímulo osteogénico que lleven a encontrar mejoras significativas en la salud ósea.

También se ha encontrado que el entrenamiento de fuerza a intensidades moderadas-altas (del 70% hasta el 85% del 1RM) son efectivos para mejorar la salud ósea, por encima de las intensidades moderadas. Se pueden incluir cargas moderadas-altas en esta población.

Además de los beneficios óseos, el entrenamiento de fuerza ayuda a fortalecer los músculos, mejorando así la fuerza muscular máxima y la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD, “Rate of Force Development” en inglés), lo que contribuye a mejorar la estabilidad postural y reducir el riesgo de caídas y lesiones y por tanto se reduce el riesgo de fractura.

A pesar de la preocupación inicial sobre la seguridad del ejercicio de alta intensidad en mujeres con osteoporosis, la evidencia sugiere que, cuando se realiza correctamente y bajo supervisión adecuada, el entrenamiento de fuerza a alta intensidad puede ser seguro y beneficioso, siempre y cuando se introduzca gradualmente la carga. Es crucial que las mujeres menopáusicas con osteoporosis realicen ejercicios de fuerza bajo la supervisión de profesionales capacitados, quienes pueden adaptar los programas de entrenamiento según las necesidades individuales y garantizar la técnica adecuada para minimizar el riesgo de lesiones.

Se deben realizar programas de entrenamiento siguiendo ciertas recomendaciones de las variables de la carga para asegurar adaptaciones óseas:

- Frecuencia de 2 a 3 sesiones por semana (dependiendo del volumen de entrenamiento).
- Intensidad progresiva, de moderada a alta intensidad (sobre 70% al 85% del 1RM).
- De 2 a 3 series por ejercicio.
- De 8 a 12 repeticiones.

Los ejercicios seleccionados deben o involucrar los principales grupos musculares que se relacionen directamente con los puntos óseos más afectados por la osteoporosis (cadera, columna lumbar y muñeca) o que ejerzan una compresión sobre esas zonas óseas.

4.8 Limitaciones

Algunas de las limitaciones más importantes de los trabajos revisados fueron:

En 2 de los estudios (Linero & Choi, 2021; Mosti et al., 2013) el tiempo de intervención se consideró insuficiente (3 meses en ambos) para poder detectar con éxito los cambios en la densidad mineral ósea debido al entrenamiento, ya que se necesita un mínimo de 6 meses para que se puedan detectar los cambios.

En algunos artículos (Eslamipour et al., 2023; Linero & Choi, 2021; Watson et al., 2018) no controlaron la ingesta de vitamina D o de calcio en forma de suplementación en la muestra. En el trabajo de (Watson et al., 2018) estimaron la ingesta de vitamina D a través de cuestionarios.

En ningún estudio se menciona si controlaron la actividad física diaria de los sujetos, tanto en los grupos experimentales como en el grupo control.

En el estudio de Mosti et al. (2013) se utilizó una prueba de estadística no paramétrica debido a que el tamaño de la muestra era pequeño.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Recomendaciones prácticas para la realización de entrenamiento de fuerza en mujeres postmenopáusicas con osteopenia u osteoporosis A continuación, se tratan diferentes apartados con el objetivo de abordar una amplia propuesta de intervención que contemple las variables más importantes para establecer un control de una programación de entrenamiento de fuerza para mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea (T-score < 1.0), describiendo las variables de la carga de entrenamiento y proponiendo un programa de entrenamiento basado en 3 niveles para abordar la baja densidad mineral según su nivel de condición física y/o su nivel de salud ósea.

5.1 Frecuencia ¿Cuántos días a la semana hay que realizar entrenamiento de resistencia?

En los estudios de Watson et al. (2018), Borba-Pinheiro et al. (2016), y Holubiac & Leuciuc (2023), se demostró que una frecuencia de entrenamiento de 2 veces por semana es suficiente para empezar a obtener mejoras en la salud ósea y en la fuerza muscular.

En los estudios de Mosti et al. (2013), Eslamipour et al. (2023) y Linero & Choi (2021), se recomendó un programa de entrenamiento de fuerza para la mejora de la salud ósea y fuerza muscular con una frecuencia de 3 sesiones por semana, donde se obtuvieron mejoras significativas para tales objetivos

Finalmente y con más importancia, según los resultados obtenidos en el estudio de Borba-Pinheiro et al. (2016), estudio en el cual el objetivo principal fue determinar la importancia de la frecuencia de entrenamiento de fuerza en base a los resultados en la salud ósea en la población objetivo, se mostró que el entrenamiento de fuerza tanto de frecuencia de entrenamiento de 2 veces por semana como 3 veces por semana son efectivos para la mejora de la densidad mineral ósea, valores de fuerza muscular y autonomía funcional en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea. Aunque ambas posibilidades mostraron resultados efectivos, la frecuencia de entrenamiento de 3 veces por semana demostró mejoras significativamente mayores con respecto a una frecuencia de entrenamiento de 2 veces por semana tanto en la densidad mineral ósea como en la fuerza muscular.

Por lo tanto, se recomienda que en fases iniciales de entrenamiento se inicie con una frecuencia de 2 veces por semana, dejando descansos de mínimo 48 horas para una recuperación óptima. Tras superar la fase inicial se recomienda aumentar la frecuencia de entrenamiento hacia 3 veces por semana para aumentar los beneficios del entrenamiento.

5.2 Duración de la sesión ¿Cuánto debe durar cada sesión?

En el estudio de Watson et al. (2018) se recomendó una duración por sesión de 30 minutos en este caso para una frecuencia de 2 sesiones por semana. En la investigación de Eslamipour et al. (2023) se indicó en esta ocasión una duración de entre 20 a 60 minutos, para 3 sesiones por semana.

Sin embargo, para el trabajo de Holubiak & Leuciuc (2023), con una frecuencia de 2 sesiones por semana se recomendó una duración por sesión de 60 minutos. En la investigación de Borba-Pinheiro et al. (2016), se recomendó en sus programas de entrenamiento de fuerza un total de 60 minutos por cada sesión, tanto para el grupo de intervención RT2 (2 sesiones por semana) como para el grupo RT3 (3 sesiones por semana).

Teniendo en cuenta estos resultados y sumando la importancia de la frecuencia de entrenamiento junto con la intensidad de trabajo, se recomienda que en una primera fase inicial de entrenamiento las sesiones duren en torno a 30 minutos con una frecuencia de 2 sesiones por semana para un trabajo de adquisición de técnica, del patrón de movimiento de los ejercicios y de adquisición de las adaptaciones neuromusculares iniciales. Conforme se vaya avanzando en el programa se procederá a pasar a 3 sesiones por semana, con la misma duración de entrenamiento (30 minutos). Tras pasar la fase inicial y ya se haya adquirido una base de entrenamiento, se pasará a alargar las sesiones a hasta 60 minutos de duración para aumentar la carga de entrenamiento y aumentar el estímulo.

5.3 Intensidad ¿Cuál es la intensidad óptima de entrenamiento de fuerza para conseguir el objetivo?

Con respecto a la intensidad, la investigación de Holubiak & Leuciuc, (2023) se basó en un programa de entrenamiento de moderada intensidad, alternando las intensidades del 70% del 1RM y del 50% del 1RM dentro de la misma serie durante todas las series de los entrenamientos (6 primeras repeticiones al 70% y las 6 últimas repeticiones al 50% del 1RM), inicialmente el programa de intervención se inició con una intensidad de baja a moderada del 40% al 50% del 1RM. En dicho trabajo se obtuvo resultados positivos con respecto a la salud ósea, Esto nos indica que una intensidad moderada de entrenamiento de fuerza ya es efectiva para favorecer la salud ósea.

En el trabajo de Eslamipour et al. (2023) se comparó dos grupos de intervención, un grupo realizó un programa de entrenamiento de alta intensidad (70% del 1RM al inicio del programa y terminando al 85% al finalizar el programa) y el otro grupo de intervención realizó el programa de entrenamiento de baja-moderada intensidad (40% del 1RM al inicio del programa y terminando al 60% al finalizar el programa, el último grupo fue un grupo control. El grupo de intervención de alta intensidad logró mayores efectos positivos en la salud ósea con respecto al grupo de baja-moderada intensidad y al grupo control. El grupo de baja-moderada intensidad también logró mejoras significativas con respecto al grupo control, aunque no tan notorias como el grupo de alta intensidad.

En las investigaciones de Borba-Pinheiro et al. (2016), Watson et al. (2018) y Linero & Choi, (2021) se analizaron los efectos de programas de entrenamiento de fuerza de alta intensidad iniciando los programas desde una fase de adaptación al entrenamiento utilizando

cargas bajas y moderadas en las primeras semanas, pasando luego a intensidades altas que rondaban entre el 70% y el 85% del 1RM o el 90% del 10RM, aumentando de forma progresiva la intensidad durante sus programas. En todas estas investigaciones se obtuvieron mejoras significativas en la salud ósea y también en la fuerza muscular de los sujetos.

En el artículo de Mosti et al. (2013) se investigó los efectos de un programa de intensidad alta a través del entrenamiento de fuerza máxima, con intensidades de entre el 85% y 90% del 1RM. Durante el programa se iba incrementando la carga si los sujetos eran capaces de realizar > 5 repeticiones ya que indicaba que habían aumentado su valor del 1RM y por tanto para seguir trabajando a la intensidad objetivo se debía de aumentar la carga del ejercicio. En este trabajo se presupone que hubo una fase de adaptación al entrenamiento de fuerza con intensidades bajas o moderadas, aunque en el artículo no se menciona nada al respecto. En este trabajo se obtuvo mejoras significativas en el grupo de intervención sobre la salud ósea y la fuerza muscular.

Según los trabajos revisados en esta revisión, se ha comprobado que tanto un entrenamiento de moderada intensidad como de alta intensidad son capaces de generar el estímulo necesario para mejorar la salud ósea en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea, aunque el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es el que obtiene los mejores resultados de forma significativa en estos beneficios. Aun así, teniendo en cuenta la seguridad e integridad de los sujetos, en nuestra propuestas de intervención se recomienda una intensidad en fase inicial de leve a moderada intensidad para mantener la seguridad y favorecer el aprendizaje técnico de los ejercicios, el patrón de movimiento y asegurar las primeras adaptaciones neuromusculares, de forma que se asegure crear una base de acondicionamiento físico suficiente para poder avanzar hacia una intensidad de moderada a alta de forma segura minimizando riesgos además de seguir el principio básico de progresión de la carga de entrenamiento para asegurar así las mejores adaptaciones posibles.

Cabe destacar que se debe realizar el cálculo del 1RM (1 repetición máxima) al inicio del programa de entrenamiento de fuerza para los diferentes grupos musculares principales para estimar el 1RM inicial de cada sujeto y ajustar el programa de entrenamiento en base a sus características de fuerza muscular.

En la investigación de Mosti et al. (2013) se afirma que el cálculo del 1RM se realizó a través del test del 1RM de forma directa, aumentando las cargas de forma progresiva, determinando el 1RM con la carga más alta que fue levantada con éxito. En el trabajo de Linero & Choi (2021) se afirma que para estimar el 1RM se realizó el test del 1RM para cada ejercicio según el manual de la "American College Sports Medicine" (ACSM). En la investigación de Borba-Pinheiro et al. (2016) se realizó el test del 10RM y se programaron las intensidades sobre ese dato y no sobre el 1RM. En el resto de los trabajos restantes (Eslamipour et al., 2023; Holubiak & Leuciuc, 2023; Watson et al., 2018) se prescriben los programas de entrenamiento en base al 1RM de cada participante, pero no indican cómo se estimó ese 1RM.

En esta propuesta se aconseja inicialmente realizar un test de cálculo del RM con un método indirecto que sea seguro. Para calcular de forma indirecta el 1RM de manera segura en mujeres con osteoporosis, se pueden utilizar métodos submáximos que no pongan en riesgo la salud ósea. Uno de los métodos más comunes es utilizar la estimación basada en un número limitado de repeticiones con un peso determinado y que suponga al menos un 80% del RM para que sea fiable. Por ejemplo, se puede calcular el 1RM a partir del peso máximo que una persona puede levantar para 4 o 6 repeticiones. Se escoge un peso que el sujeto estime que pueda realizar como máximo entre 4 y 6 repeticiones, una vez realizadas las repeticiones se calcula el 1RM a través de una fórmula, por ejemplo, la fórmula de Brzycki validada por Do Nascimento et al., (2007).

$$1RM = \frac{\text{Peso utilizado}}{1,0278 - (0,0278 \times \text{repeticiones})}$$

También se puede utilizar otros métodos submáximos que no pongan en riesgo la salud ósea, por ejemplo, a través de un test indirecto que sea seguro, como el test 10RM. Este test se utiliza comúnmente en programas de entrenamiento de fuerza, pero no se considera del todo preciso por no utilizar una carga del 80% del 1RM o superior, aunque es más seguro que otros métodos que requieran de más carga.

5.4 Volumen de entrenamiento (Series, repeticiones y descansos) ¿Cómo planificar y estructurar el programa de entrenamiento?

En el trabajo de Holubiak & Leuciuc (2023) se prescribió un programa de entrenamiento que seguía las siguientes características de volumen de entrenamiento:

- 6 ejercicios por cada sesión.
- 2 series por ejercicio.
- 12 repeticiones por cada serie (6 primeras repeticiones al 70% 1RM y las 6 últimas al 50% del 1RM).
- Descansos de 90 segundos entre series (no especifica descansos entre ejercicios).

En la investigación de Eslamipour et al. (2023) se prescribió el programa de entrenamiento de fuerza siguiendo las siguientes pautas:

- 12 ejercicios (en el trabajo se especifican los ejercicios, pero no cuantos ejercicios se hacían por cada sesión).
- 3 series por ejercicio.
- En el caso del grupo de intervención de alta intensidad realizaron 8 repeticiones por serie (al 70% del 1RM al inicio del programa y progresando hasta llegar al 85% al final del programa).
- En el caso del grupo de intervención de baja-moderada intensidad realizaron 16 repeticiones por serie (al 40% del 1RM al inicio del programa y progresando hasta llegar al 60% al final del programa).
- Descansos de 20 segundos entre series y de 7 a 10 minutos entre ejercicios.

Borba-Pinheiro et al. (2016) planificó un programa de entrenamiento de fuerza en periodización lineal, empezando por intensidad moderada y mayor rango de repeticiones, aumentando la intensidad de forma progresiva mientras disminuía el número de repeticiones con el avance del programa. El programa siguió los principios de progresión de volumen x intensidad de la guía "American College Sports Medicine" (ACSM), se dividió en dos partes, primera parte con 7 ciclos mensuales y segunda parte con 3 ciclos bimensuales, cada parte prescrita en base a periodización lineal:

- 9 ejercicios por cada sesión.
- 3 series por ejercicio.
- Primera parte periodización 7 ciclos mensuales:
 - o Empezando por altas repeticiones (> 20) a una intensidad del 60% del 10RM en el primer mes y avanzando progresivamente hasta llegar al mes 7 al 90% del 10RM haciendo de 6 a 8 repeticiones.

- Segunda parte periodización 3 ciclos bimensuales:
 - o Mes 8 y 9, 70% 10RM, 20 repeticiones.
 - o Mes 10 y 11, 80% 10RM, 8 a 10 repeticiones.
 - o Mes 12 y 13, 90% 10RM, 6 a 8 repeticiones.
- Los descansos variaron desde 30 a 50 segundos entre series y desde 40 a 60 segundos entre ejercicios, dependiendo de la intensidad de trabajo de cada mes.

En la investigación de Watson et al. (2018) se llevó a cabo un programa de entrenamiento siguiendo pautas de volumen de entrenamiento:

- 4 ejercicios por cada sesión.
- 5 series por cada ejercicio.
- El primer mes se dedicó a realizar ejercicios de baja carga para adquisición de técnica y patrones de movimiento, realizando ejercicios con el propio peso corporal o con cargas bajas. Tras esto se prescribió 5 repeticiones por cada serie (al 80/85% del 1RM).
- En este trabajo no se nombra el tiempo de descanso.

En el trabajo de Mosti et al. (2013) se basó en un programa de entrenamiento de fuerza máxima para el ejercicio de sentadilla jaca, siguiendo las siguientes pautas:

- 1 ejercicio por sesión (sentadilla jaca).
- Calentamiento 2 series, de 8 a 12 repeticiones al 50% del 1RM.
- Parte principal 4 series, de 3 a 5 repeticiones al 85/90% del 1RM.
- Descansos de 2 a 3 minutos entre series.

Linero & Choi (2021) planificó dos programas de entrenamiento de fuerza de moderada-alta intensidad y de baja intensidad, los cuales siguieron las siguientes pautas:

- Ambos grupos realizaron 4 ejercicios por sesión.
- Un grupo intervención de entrenamiento de moderada-alta intensidad:
 - o 3 series por ejercicio, 10 repeticiones por serie, 60 segundos de descanso entre series.
 - o Primera y segunda semana a una intensidad del 60% del 1RM.
 - o Tercera semana a una intensidad del 70% del 1RM.
 - o Desde la cuarta semana en adelante a una intensidad del 80% del 1RM.
- Dos grupos de baja intensidad (uno de los grupos con restricción del flujo sanguíneo.):
 - o 3 series por ejercicio, 20 repeticiones por serie, 90 segundos de descanso entre series.

Como se puede apreciar en los datos recogidos, la periodización lineal clásica (de menor intensidad y mayor volumen a mayor intensidad y menor volumen) ha sido bastante utilizada para prescribir los programas de entrenamiento. Es una forma sencilla y a la vez efectiva y demostrada para prescribir entrenamiento para poblaciones fuera del rendimiento deportivo y que puede otorgar efectos positivos, además de ser segura porque se avanza progresivamente en la carga de entrenamiento.

Pero, teniendo en cuenta que nuestra población objetivo tiene riesgo de fractura y que se pretende proponer un programa de entrenamiento mantenible a largo plazo, para nuestra propuesta de intervención se recomienda un programa de entrenamiento de periodización no lineal, introduciendo pequeñas fases de recuperación para reducir el riesgo de lesiones

potenciales, haciendo el programa de entrenamiento más seguro y sostenible para esta población. El programa propuesto se encuentra descrito más adelante.

5.5 Selección de los ejercicios

A continuación, se presenta una recopilación de todos los ejercicios para los grupos de intervención, de los artículos de los que se ha extraído la información:

- Abducción de cadera, aducción de cadera sentado, extensión de cadera, flexión de cadera, extensión de rodilla sentado, curls de isquiotibiales prono, prensa de piernas horizontal, sentadilla, sentadilla jaca en máquina, zancadas frontales y laterales, peso muerto, flexión plantar, puente, extensión de columna, remo, abducción de hombros, fondos de tríceps, curls de bíceps.

Los ejercicios deben implicar una carga ósea en los huesos para poder generar un estímulo en esas zonas donde se pretende mejorar la salud ósea. Generalmente se pretenderá mejorar la salud ósea a nivel general, pero, como ya se ha mencionado anteriormente, en las mujeres menopáusicas con baja densidad mineral ósea, las áreas óseas más comúnmente afectadas por la osteoporosis suelen ser la columna vertebral, la cadera y las muñecas. Hay que poner especial énfasis en su estimulación puesto que son las áreas óseas más afectadas y donde se producen la mayoría de las fracturas.

Existen principalmente dos tipos de ejercicios que pueden ayudar a estimular la osteogénesis y mejorar la salud ósea, los ejercicios de compresión o carga axial (implican la aplicación de fuerzas de compresión directamente a los huesos, lo que promueve la formación ósea) y ejercicios que involucran los huesos específicos (se centran en los músculos que se insertan u originan en los huesos que se desean fortalecer, al trabajar estos músculos, se aplica un estrés mecánico, estímulo directo a los huesos asociados, lo que puede promover la formación ósea en esas áreas).

Como se puede apreciar, la gran mayoría de los ejercicios propuestos en los trabajos analizados son ejercicios que pueden estimular las zonas óseas más problemáticas en cuanto a la densidad mineral ósea en osteopenia u osteoporosis en mujeres postmenopáusicas.

Por lo tanto, los ejercicios seleccionados deben asegurar una compresión ósea o un estímulo mecánico a través de ejercicios en los que los músculos implicados se originen o inserten en dichos huesos objetivo, estimulando así la región del hueso en cuestión. Los ejercicios también deben de fortalecer los músculos de las zonas adyacentes para asegurar una mayor estabilización de las articulaciones y mayor fuerza de equilibrio postural que disminuirá el riesgo de caídas y el riesgo de fracturas. Además, deben ser ejercicios seguros para las articulaciones.

Se recomiendan entonces una serie de ejercicios que cumplan con los requisitos mencionados anteriormente:

- Columna vertebral: Ejercicios de carga axial o compresión, como la sentadilla (con carga), el peso muerto, zancadas con peso... además de ejercicios como flexión o extensión de columna y flexión de cadera.
- Fémur: Ejercicios de carga axial o compresión, como sentadillas, peso muerto, zancadas con peso, prensa de piernas... además de otros ejercicios que generan estímulo en el

fémur como extensión o flexión de rodilla o cadera y ejercicios de flexión, extensión, aducción y abducción de cadera.

- Muñecas: Ejercicios que involucren la carga ósea en las muñecas, como las flexiones de muñeca con peso. Por el simple hecho de manejar peso en los ejercicios de fuerza, ya se implica un estímulo en las muñecas, por ejemplo, en peso muerto.
- Pelvis: Ejercicios de compresión axial como sentadillas o peso muerto, y ejercicios que involucren a los músculos de la pelvis, como el puente de glúteos, ejercicios de aducción y abducción de cadera, entre otros.

Listado de ejercicios principales recomendados en esta propuesta, en base a los ejercicios propuestos en las investigaciones de esta revisión:

- Sentadilla trasera.
- Peso muerto (en todas sus variantes).
- Flexión y extensión de columna.
- Abducción, aducción, flexión y extensión de cadera.
- Flexión y extensión de rodillas.
- Flexión y extensión de codos.
- Flexión y extensión de muñecas.
- Saltos asistidos para alcanzar mayor altura y poniendo énfasis en el aterrizaje para generar impacto.

5.6 Programa de entrenamiento propuesto:

5.6.1 Objetivo

El objetivo del programa de entrenamiento de fuerza propuesto para mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea será:

- Mejorar la salud ósea.
- Mejorar la fuerza muscular.
- Mejorar la funcionalidad y calidad de vida.

5.6.2 Descripción de la propuesta

En base a los datos recogidos para esta revisión se recomienda un programa de entrenamiento de fuerza basado en 3 niveles progresivos en base a una periodización no lineal, con aumento de la carga del entrenamiento de forma progresiva e intercalando periodos de recuperación activa para poder mantener el programa de entrenamiento a largo plazo y que sea seguro, evitando posibles lesiones. Teniendo en cuenta que se empieza el programa de entrenamiento sin tener experiencia previa en entrenamientos de fuerza, una descripción programa sería el siguiente:

- **Mesociclo de nivel inicial:** Una primera fase de nivel inicial de adaptación al entrenamiento de fuerza, a una intensidad de baja a moderada (sobre todo de baja intensidad para personas no entrenadas) dedicada principalmente al aprendizaje de la técnica de movimientos de los ejercicios y a la adquisición de los patrones motores y de primeras adaptaciones neuromusculares. Además, sirve de preparación para el cuerpo para el aumento de la carga en niveles posteriores.

- Mesociclo de nivel medio: Se progresa a una fase de nivel medio, aumentando progresivamente la carga de entrenamiento. Se aumenta a una intensidad moderada hasta llegar a su rango superior y se aumenta el volumen de entrenamiento, todo de forma progresiva a lo largo del mesociclo. En esta fase se empieza a generar estímulos mayores a la masa ósea y a los grupos musculares involucrados para empezar a obtener mejoras significativas en la salud ósea y en la fuerza muscular.
 - Después de completar el mesociclo de nivel medio, se realizaría un microciclo de descanso de 2 semanas, en el que se disminuye la carga de entrenamiento a través del volumen.

- Mesociclo de nivel avanzado; Se progresa hacia un nivel avanzado en el cual se aumenta la intensidad hacia moderada-alta intensidad para maximizar el estímulo osteogénico y muscular y así obtener las mayores ganancias en cuanto a salud ósea y fuerza muscular.
 - Después de completar el mesociclo de nivel avanzado, se realizaría un mesociclo de recuperación de 2 a 4 semanas en el que se reduce la intensidad y el volumen de entrenamiento. Tras este mesociclo de recuperación se volvería a introducir un mesociclo de nivel avanzado.

Cada 4 o 6 semanas se deberá realizar un test de RM indirecto para ir ajustando las intensidades del programa y para verificar los resultados obtenidos.

Los microciclos o mesociclos de recuperación en los que se disminuye la carga de entrenamiento para llevar a cabo una recuperación activa permiten darle un descanso a las articulaciones y tejidos para evitar lesiones por sobreuso, dejando que los tejidos se reparen y recuperen su nivel de tolerancia, para evitar lesiones futuras, además de disminuir el nivel de fatiga. Es una estrategia para poder hacer el programa de entrenamiento sostenible a largo plazo y para mantener la salud ósea y a la vez prevenir el agotamiento o el sobreentrenamiento y prevenir posibles lesiones.

Es importante ajustar la duración de cada fase y los ciclos de descanso según la respuesta individual de cada persona, su nivel de condición física, su tolerancia al entrenamiento y cualquier limitación de salud específica. Además, el progreso del entrenamiento debe ser supervisado de cerca por un profesional de la salud o un entrenador personal calificado.

5.6.3 Resultados esperados

Los resultados podrán ser medibles, por ejemplo, los niveles de fuerza a través del test del RM indirecto, la funcionalidad y calidad de vida a través de cuestionarios. Medir los resultados de la densidad mineral ósea es más complicado puesto que se requieren aparatos de medida específicos en el ámbito hospitalario.

Los resultados esperados del programa de entrenamiento son los siguientes:

- A corto plazo: la mujer se debe sentir más funcionalidad por ganar fuerza muscular en poco tiempo que le permita realizar cualquier actividad rutinaria con más facilidad. Deberán sentir menor miedo a caerse debido a esa ganancia de fuerza que le permite un mayor control postural.
- A medio plazo: la salud ósea ya debe de haber mejorado o al menos haber frenado su pérdida de densidad mineral ósea, pero este resultado es más difícil de medir porque se necesita el uso de tecnología clínica. Además, obtendrá mayores ganancias de fuerza muscular que aumenten aún más su funcionalidad y calidad de vida.

- A largo plazo: tras haber pasado por fase de alta intensidad los sujetos deben haber mejorado mucho su salud ósea. Además, su fuerza muscular, su funcionalidad, su equilibrio postural y su calidad de vida también habrán mejorado mucho.

5.6.4 Programa de entrenamiento

A continuación, se presenta un ejemplo de la programación del entrenamiento de fuerza propuesta (mesociclos de nivel inicial, nivel medio y nivel avanzado) que se recomienda seguir en mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea que van a empezar a entrenar fuerza con el objetivo de mejorar su salud ósea, su fuerza muscular y por ende mejorar su funcionalidad y calidad de vida. Además, se exponen “sesiones tipo” para cada nivel para tener un ejemplo de guía, las cuales figuran en el apartado de ANEXOS.

Tabla 2

Pautas para mesociclo nivel inicial de entrenamiento de fuerza.

Variables de la carga	Detalles
Objetivo	Familiarización con el entrenamiento de fuerza, adquisición de la técnica y de los patrones de movimiento (control motor), además de iniciar con las adaptaciones neuromusculares y preparar al cuerpo para las cargas más pesadas que se trabajarán en las fases posteriores.
Duración del programa	Duración de 4 a 6 semanas para la adquisición técnica de los ejercicios, para adquirir patrones de movimiento y adaptaciones neuromusculares, además de comenzar a aumentar la fuerza muscular.
Frecuencia de entrenamiento	Frecuencia de 2 días por semana dejando al menos descanso de 48 horas entre sesión y sesión. Progresar hacia 3 sesiones por semana desde la semana 3 o 4 del mesociclo.
Duración de la sesión	Duración de 30 minutos por sesión.
Calentamiento y vuelta a la calma	Comenzar con un calentamiento general (caminar a 5 km/h) cardiovascular durante 5 a 10 minutos. Calentamiento específico progresivo hacia los principales grupos musculares a trabajar realizando series de aproximación con el 50% y el 70% del peso con el que vamos a iniciar el entrenamiento, y además calentamiento de articulaciones clave.
Ejercicios, series y repeticiones	Realizar de 4 a 5 ejercicios por sesión. Realizar 3 series por ejercicio. Realizar entre 8 a 15 repeticiones.
Intensidad	Intensidad baja-moderada, entre el 30/40% del 1RM. En este nivel inicial se puede aplicar la estrategia empleada en la investigación de Linero & Choi, (2021), restricción del flujo sanguíneo, para aumentar el estímulo osteogénico y muscular. Se recomienda esta

	estrategia principalmente en mujeres sin experiencia en entrenamiento de fuerza y que partan con densidad mineral ósea muy baja (T-Score < -2,5).
Descansos	Descansos de 60 segundos entre series. Descansos de 3 a 5 minutos entre ejercicios.
Ejecución de los ejercicios	Ejecución lenta y controlada (2 segundos fase concéntrica, 1 segundo fase isométrica, 2 segundos excéntrica).
Recomendaciones	Supervisión de un profesional de la actividad física para asegurar la correcta ejecución técnica de los movimientos de los ejercicios y asegurar la seguridad del sujeto cuando vaya aumentando de forma progresiva la intensidad. Asegurar el correcto cumplimiento de las variables de la carga, principalmente de la intensidad.

En el apartado de ANEXOS, en el **ANEXO 2** se muestra una sesión “tipo” del programa de entrenamiento de nivel inicial

Tabla 3

Pautas para mesociclo nivel medio de entrenamiento de fuerza.

Variables de la carga	Detalles
Objetivo	Aumento de la carga de entrenamiento para lograr un mayor estímulo de osteogénesis en la masa ósea y en los grupos musculares, para comenzar a lograr beneficios en ambos aspectos, estimulando la remodelación ósea y el aumento de fuerza muscular, manteniendo siempre una ejecución técnica adecuada.
Duración del programa	De 6 a 8 semanas para asegurar un tiempo suficiente de estímulo que genere las adaptaciones deseadas en la salud ósea y en la fuerza muscular y conseguir el objetivo de esta fase.
Frecuencia de entrenamiento	Frecuencia de 3 sesiones por semana dejando al menos 48 horas de descanso entre sesiones.
Duración de la sesión	Duración de 30 minutos en las 2 o 3 primeras semanas de esta fase y después ir aumentando el tiempo de sesión hacia los 60 minutos.
Calentamiento y vuelta a la calma	Comenzar con un calentamiento general (caminar a 5 km/h) cardiovascular durante 5 a 10 minutos. Calentamiento específico progresivo hacia los principales grupos musculares a trabajar realizando series de aproximación con el 50% y el 70% del peso con el que vamos a iniciar el entrenamiento, y además calentamiento de articulaciones clave.
Ejercicios, series y repeticiones	Realizar de 5 a 6 ejercicios por sesión. Realizar 3 series por ejercicio.

	Realizar entre 6 a 12 repeticiones.
Intensidad	Aumentar de intensidad baja a intensidad moderada de forma progresiva, del 40% al 70% del 1RM, para aumentar el estímulo mecánico y por consiguiente aumentar el estímulo tanto en la masa ósea como en la musculatura objetivo. En esta fase podemos introducir la estrategia del cambio de intensidad dentro de la misma serie de Holubiak & Leuciuc (2023), la mitad de las primeras repeticiones de cada serie al 70% del 1RM y la mitad de las últimas repeticiones al 50% del 1RM, durante las semanas intermedias del mesociclo, siempre y cuando sea posible y el ejercicio o material lo permita.
Descansos	Descansos de 60 a 90 segundos entre series. Descansos de 3 a 5 minutos entre ejercicios.
Ejecución de los ejercicios	Comenzar a introducir ejecuciones más rápidas en los ejercicios en los movimientos de la fase concéntrica (entre 0,5 y 1 segundo fase concéntrica, 1 segundo fase isométrica, 2 segundos excéntrica). En las últimas 3 semanas de esta fase empezar a realizar la fase concéntrica a la máxima velocidad posible.
Recomendaciones	Supervisión de un profesional de la actividad física para asegurar la correcta ejecución técnica de los movimientos de los ejercicios y asegurar la seguridad del sujeto cuando vaya aumentando de forma progresiva la intensidad. Asegurar el correcto cumplimiento de las variables de la carga, principalmente de la intensidad.

En el apartado de ANEXOS, en el **ANEXO 3** se muestra una sesión “tipo” del programa de entrenamiento de nivel medio.

Tras este mesociclo de nivel medio se introduciría un microciclo de 2 semanas de recuperación activa. Se disminuye la carga de entrenamiento reduciendo el volumen a 2 sesiones por semana, 4 ejercicios por sesión y 3 series por ejercicio.

Tabla 4

Pautas para mesociclo nivel avanzado de entrenamiento de fuerza.

Variables de la carga	Detalles
Objetivo	Aumento de la intensidad de entrenamiento para lograr maximizar el estímulo en la masa ósea y en la fuerza máxima muscular y lograr los mayores beneficios posibles en ambos aspectos.
Duración del programa	De 6 a 8 semanas (dependiendo del nivel y de la respuesta individual de cada persona) para maximizar tanto el aumento de como fuerza máxima muscular y por tanto maximizar el estímulo en la masa ósea.

Frecuencia de entrenamiento	Frecuencia de 3 días por semana dejando al menos descanso de 48 horas entre sesión y sesión.
Duración de la sesión	Duración de 60 minutos por sesión, pudiendo extender hasta los 90 minutos en las últimas semanas.
Calentamiento y vuelta a la calma	Comenzar con un calentamiento general (caminar a 5 km/h) cardiovascular durante 5 a 10 minutos. Calentamiento específico progresivo hacia los principales grupos musculares a trabajar realizando series de aproximación con el 50% y el 70% del peso con el que vamos a iniciar el entrenamiento, y además calentamiento de articulaciones clave.
Ejercicios, series y repeticiones	Realizar entre 5 y 6 ejercicios por sesión. Realizar 3 series por ejercicio. Realizar entre 6 a 12 repeticiones para intensidad moderada en trabajo de potencia (70/75% 1RM). Realizar entre 2 a 5 repeticiones para alta intensidad en trabajo hacia fuerza máxima (80/85% 1RM).
Intensidad	Trabajar a intensidades de moderada-alta intensidad del 70% al 85% del 1RM, según si se enfoca a trabajo de potencia o hacia fuerza máxima en su rango inferior. Se aumenta el estímulo mecánico y el estímulo neuromuscular, por consiguiente, se consigue aumentar el máximo el estímulo tanto en la masa ósea como en la musculatura objetivo. Alternar las intensidades para el trabajo de potencia (70/75% del 1RM) con ejecuciones a alta velocidad, y el trabajo más orientado hacia principio de fuerza máxima (80/85% del 1RM). Un ejemplo de progresión sería 2 primeras semanas de entrenamiento de potencia (75% 1RM), 1 semana de entrenamiento de fuerza máxima (80% 1RM), 2 semanas de entrenamiento de potencia (70% 1RM) la última semana entrenamiento de fuerza máxima (80% 1RM).
Descansos	Descansos de 2 a 3 minutos entre series. Descansos de 3 a 5 minutos entre ejercicios.
Ejecución de los ejercicios	Para el trabajo a intensidades de potencia, la fase concéntrica se realizará a la mayor velocidad posible, siempre manteniendo seguridad y control en el movimiento. En la fase final del movimiento no será necesario aguantar hasta 1 segundo. La fase excéntrica se realizará de forma controlada. Cuando se entrene a intensidad del 80/85% la velocidad de ejecución será alta pero no la máxima velocidad posible, para mantener una seguridad y control en la ejecución.
Recomendaciones	Supervisión de un profesional de la actividad física para asegurar la correcta ejecución técnica de los movimientos de los ejercicios y asegurar la seguridad del sujeto cuando vaya aumentando de forma progresiva la intensidad. Asegurar el correcto cumplimiento de las variables de la carga, principalmente de la intensidad.

En el apartado de ANEXOS, en el **ANEXO 4** se muestra una sesión “tipo” del programa de entrenamiento de nivel avanzado.

Tras este mesociclo de nivel avanzado se introduciría un mesociclo de 2 a 4 semanas de recuperación activa. Se disminuye la carga de entrenamiento reduciendo tanto intensidad a intensidades moderadas (50% al 60% del 1RM) como el volumen (3 sesiones por semana, 4 ejercicios por sesión y 2 series por ejercicio).

5.6.5 Resumen

A continuación, se presenta una tabla resumen que recoge las recomendaciones generales de la propuesta de intervención según los datos recogidos de los artículos de esta revisión bibliográfica:

Tabla 5

Resumen programa de entrenamiento de fuerza.

Recomendaciones	Detalles
Frecuencia de entrenamiento	Frecuencia de 2 o 3 días por semana, días alternos dejando al menos descanso de 48 horas entre sesión y sesión.
Duración de la sesión	Iniciar con duración de 30 minutos por sesión. Progresar hacia 60 minutos de sesión al progresar en el nivel de fuerza muscular y fuerza ósea. Finalmente se podría progresar hacia los 90 minutos de sesión cuando el sujeto tenga un nivel avanzado.
Selección de ejercicios	Ejercicios que impliquen una compresión en los huesos o ejercicios que trabajen grupos musculares que se originan o insertan en los principales huesos objetivo (columna lumbar, fémur, rodilla y muñeca principalmente). Ejercicios que sean seguros y no generen peligro de riesgo de fractura. Principalmente ejercicios de cadena cerrada y ejercicios de grupos musculares aislados, dando prioridad a máquinas de musculación sobre pesos libres. Conforme se avance en la mejora de la fuerza muscular y se adquiera experiencia en el entrenamiento de fuerza, se podrán realizar ejercicios de cadena cinética abierta como peso muerto y sentadillas con peso libre, siempre bajo supervisión.
Calentamiento y vuelta a la calma	Comenzar con un calentamiento general (caminar a 5 km/h) cardiovascular durante 5 a 10 minutos. Calentamiento específico progresivo hacia los principales grupos musculares a trabajar usando del 50 al 70% de la intensidad inicial que se va a utilizar en el entrenamiento y calentamiento de articulaciones clave.
Ejercicios, series y repeticiones	Iniciar con 4 a 5 ejercicios por sesión en fase inicial y progresar hasta llegar a un número de 6 ejercicios por sesión.

	<p>3 series por ejercicio.</p> <p>Iniciar con un rango de repeticiones de entre 8 a 15 repeticiones para baja intensidad, progresar hacia intensidad moderada con rango de 6 a 12 repeticiones, y terminar progresando hacia alta intensidad con rango de 6 a 12 repeticiones para trabajo de potencia o de 6 a 8 repeticiones para trabajo de fuerza máxima.</p>
Intensidad	<p>Iniciar con intensidad baja-moderada para adquisición técnica y adquirir patrones de movimiento y adaptaciones neurales (30/40% del 1RM). Aumentar a una intensidad moderada (del 40 al 70% del 1RM) durante la fase de nivel medio para empezar a crear estímulo suficiente para obtener mejoras en la densidad mineral ósea y la fuerza muscular. Aumentar a intensidad moderada-alta en la fase de nivel avanzado (70 al 80% del 1RM) para maximizar el estímulo y por tanto generar mayores ganancias en la salud ósea y fuerza muscular.</p>
Descansos	<p>Descansos de 60 segundos entre series en fase inicial. Aumentar los descansos de 60 a 90 segundos entre series en fase nivel medio y terminar aumentando de 2 a 3 minutos entre series para nivel avanzado en intensidades del 70/75% del 1 RM, y descansos de 3 a 5 minutos para intensidades del 80% del 1RM.</p>
Progresión de la intensidad	<p>Al inicio calcular el 1RM a través de un test de RM indirecto para establecer las intensidades iniciales del programa.</p> <p>Empezar inicialmente con intensidad baja durante 4 a 6 semanas (30 o 40% 1RM). Progresar hacia intensidad moderada durante 6 a 8 semanas (40 al 70% 1RM). Dependiendo de las adaptaciones conseguidas, avanzar hacia intensidades de moderadas a altas (70 al 80% 1RM) durante 6 a 8 semanas.</p> <p>Cada 4 semanas realizar de nuevo el test indirecto del RM para ajustar la carga y observar las mejoras en los niveles de fuerza muscular.</p>
Ejecución de los ejercicios	<p>Inicialmente será una ejecución lenta y controlada (2 segundos fase concéntrica, 1 segundo fase isométrica, 2 segundos excéntrica). Cuando se supere la fase de adaptación al entrenamiento y se adquieran los patrones de movimiento y adaptaciones neurales, progresar hacia una ejecución más rápida en la fase concéntrica y controlar la fase excéntrica.</p>
Recomendaciones	<p>Supervisión de un profesional de la actividad física para asegurar la correcta ejecución técnica de los movimientos de los ejercicios y asegurar la seguridad del sujeto cuando vaya aumentando de forma progresiva la intensidad. Asegurar el correcto cumplimiento de las variables de la carga, principalmente de la intensidad.</p>
Consideraciones del entrenamiento en casa	<p>Cuando el entrenamiento se realice en casa, este debe ser de baja intensidad (30 o 40% 1RM) o con peso corporal o con cargas de bajo peso (mancuernas o bandas elásticas) y siempre siguiendo las pautas del programa de entrenamiento supervisado por un profesional del ejercicio.</p>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adami, S., Gatti, D., Viapiana, O., Fiore, C. E., Nuti, R., Luisetto, G., Ponte, M., & Rossini, M. (2008). Physical activity and bone turnover markers: A cross-sectional and a longitudinal study. *Calcified Tissue International*, 83(6), 388–392. <https://doi.org/10.1007/S00223-008-9184-8/METRICS>
- American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. (2009). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E3181915670>
- Barrett-Connor, E. (1995). The economic and human costs of osteoporotic fracture. *The American Journal of Medicine*, 98(2A), 3S-8S. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(05\)80037-3](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(05)80037-3)
- Basat, H., Esmailzadeh, S., & Eskiurt, N. (2013). The effects of strengthening and high-impact exercises on bone metabolism and quality of life in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 26(4), 427–435. <https://doi.org/10.3233/BMR-130402>
- Battafarano, G., Rossi, M., Marampon, F., Minisola, S., & Del Fattore, A. (2020). Bone Control of Muscle Function. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4). <https://doi.org/10.3390/IJMS21041178>
- Beck, B. R., Daly, R. M., Singh, M. A. F., & Taaffe, D. R. (2017). Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 20, Issue 5, pp. 438–445). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.001>
- Bliuc, D., Alarkawi, D., Nguyen, T. V., Eisman, J. A., & Center, J. R. (2015). Risk of Subsequent Fractures and Mortality in Elderly Women and Men with Fragility Fractures with and without Osteoporotic Bone Density: The Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(4), 637–646. <https://doi.org/10.1002/JBMR.2393>
- Bone remodeling dynamics. By H. M. Frost, M.D. Springfield, Illinois, Charles C Thomas Company, 1963. 175 pp., 184 references, 12 appendices, 40 figures. \$8.50. (1964). *Arthritis & Rheumatism*, 7(5), 545–545. <https://doi.org/10.1002/ART.1780070512>
- Bonganha, V., Modeneze, D. M., Madruga, V. A., & Vilarta, R. (2012). Effects of resistance training (RT) on body composition, muscle strength and quality of life (QoL) in postmenopausal life. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(2), 361–365. <https://doi.org/10.1016/J.ARCHGER.2011.04.006>
- Borba-Pinheiro, C. J., Dantas, E. H. M., Vale, R. G. D. S., Drigo, A. J., Carvalho, M. C. G. D. A., Tonini, T., Meza, E. I. A., & Figueiredo, N. M. A. D. (2016). Resistance training programs on bone related variables and functional independence of postmenopausal women in pharmacological treatment: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 65, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.02.010>
- Cosman, F., de Beur, S. J., LeBoff, M. S., Lewiecki, E. M., Tanner, B., Randall, S., & Lindsay, R. (2014). Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporosis International : A Journal Established as Result of Cooperation between*

the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA, 25(10), 2359–2381. <https://doi.org/10.1007/S00198-014-2794-2>

- Cussler, E. C., Lohman, T. G., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Metcalfe, L. L., Flint-Wagner, H. G., Harris, R. B., & Teixeira, P. J. (2003). Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 10–17. <https://doi.org/10.1097/00005768-200301000-00003>
- Daly, R. M., Dalla Via, J., Duckham, R. L., Fraser, S. F., & Helge, E. W. (2019). Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(2), 170–180. <https://doi.org/10.1016/J.BJPT.2018.11.011>
- dantas, E. H. m, Figueira, H. A., Emygdio, R. F., & Vale, R. G. S. (2011). Functional Autonomy GdIAm Protocol Classification Pattern in Elderly Women. *Indian Journal of Applied Research*, 4(7), 262–266. <https://doi.org/10.15373/2249555X/JULY2014/159>
- Do Nascimento, M. A., Cyrino, E. S., Nakamura, F. Y., Romanzini, M., Pianca, H. J. C., & Queiróga, M. R. (2007). Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 13(1). <https://doi.org/10.1590/S1517-86922007000100011>
- Eslamipour, F., Gheitashi, M., Hovanloo, F., & Yaghoubitajani, Z. (2023). High versus Low-Intensity Resistance Training on Bone Mineral Density and Content Acquisition by Postmenopausal Women with Osteopenia: A Randomized Controlled Trial. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 37(1), 126. <https://doi.org/10.47176/mjiri.37.126>
- Evans, W. J. (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(1), 12–17. <https://doi.org/10.1097/00005768-199901000-00004>
- Feng, X. (2009). Chemical and Biochemical Basis of Cell-Bone Matrix Interaction in Health and Disease. *Current Chemical Biology*, 3(2), 189. <https://doi.org/10.2174/187231309788166398>
- Feng, X., & McDonald, J. M. (2011). Disorders of bone remodeling. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 6(Volume 6, 2011), 121–145. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PATHOL-011110-130203/CITE/REFWORKS>
- Fernandes Moreira, L. D., Longo de Oliveira, M., Paula Lirani-Galvão, A., Villa Marin-Mio, R., Nolasco dos Santos, R., & Lazaretti-Castro, M. (2014). Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 58(5), 514–536. <https://doi.org/10.1590/0004-2730000003374>
- Finkelstein, J. S., Brockwell, S. E., Mehta, V., Greendale, G. A., Sowers, M. R., Ettinger, B., Lo, J. C., Johnston, J. M., Cauley, J. A., Danielson, M. E., & Neer, R. M. (2008). Bone mineral density changes during the menopause transition in a multiethnic cohort of women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 93(3), 861–868. <https://doi.org/10.1210/JC.2007-1876>

- Frost, H. M. (1996). Perspectives: A Proposed General Model of the “Mechanostat” (SUGGESTIONS FROM A NEW SKELETAL-BIOLOGIC PARADIGM). *THE ANATOMICAL RECORD*, 244, 139–147. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(199602\)244:2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(199602)244:2)
- Gavali, S., Gupta, M. K., Daswani, B., Wani, M. R., Sirdeshmukh, R., & Khatkhatay, M. I. (2019). Estrogen enhances human osteoblast survival and function via promotion of autophagy. *Biochimica et Biophysica Acta. Molecular Cell Research*, 1866(9), 1498–1507. <https://doi.org/10.1016/J.BBAMCR.2019.06.014>
- Gold, E. B., Crawford, S. L., Avis, N. E., Crandall, C. J., Matthews, K. A., Waetjen, L. E., Lee, J. S., Thurston, R., Vuga, M., & Harlow, S. D. (2013). Factors related to age at natural menopause: longitudinal analyses from SWAN. *American Journal of Epidemiology*, 178(1), 70–83. <https://doi.org/10.1093/AJE/KWS421>
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., & Takamatsu, K. (2005). The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 955–963. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000170470.98084.39>
- Harding, A. T., Weeks, B. K., Lambert, C., Watson, S. L., Weis, L. J., & Beck, B. R. (2020). A Comparison of Bone-Targeted Exercise Strategies to Reduce Fracture Risk in Middle-Aged and Older Men with Osteopenia and Osteoporosis: LIFTMOR-M Semi-Randomized Controlled Trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 35(8), 1404–1414. <https://doi.org/10.1002/JBMR.4008>
- Harlow, S. D., Gass, M., Hall, J. E., Lobo, R., Maki, P., Rebar, R. W., Sherman, S., Sluss, P. M., & De Villiers, T. J. (2012). Executive summary of the Stages of Reproductive Aging Workshop + 10: addressing the unfinished agenda of staging reproductive aging. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 97(4), 1159–1168. <https://doi.org/10.1210/JC.2011-3362>
- Heshmati, H. M., Khosla, S., Robins, S. P., O’Fallon, W. M., Melton, L. J., & Riggs, B. L. (2002). Role of Low Levels of Endogenous Estrogen in Regulation of Bone Resorption in Late Postmenopausal Women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17(1), 172–178. <https://doi.org/10.1359/JBMR.2002.17.1.172>
- Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, & Page MJ. (2023). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions | Cochrane Training*. Welch VA (Editors). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 6.4 (Updated August 2023). Cochrane, 2023. Available from [Www.Training.Cochrane.Org/Handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook). <https://training.cochrane.org/handbook/current>
- Holubiuc, I. Ş., & Leuciuc, F. V. (2023). The role of the dual x-ray absorptiometry investigation in the design of personalized training programs for women with postmenopausal osteopenia / osteoporosis. *Balneo and PRM Research Journal*, 14(4), 598. <https://doi.org/10.12680/balneo.2023.598>
- Holubiuc, I. Ş., Leuciuc, F. V., Crăciun, D. M., & Dobrescu, T. (2022). Effect of Strength Training Protocol on Bone Mineral Density for Postmenopausal Women with Osteopenia/Osteoporosis Assessed by Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA). *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(5), 1904. <https://doi.org/10.3390/s22051904>

- Kanis, J. A., & Kanis, J. A. (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Synopsis of a WHO report. *Osteoporosis International*, 4(6), 368–381. <https://doi.org/10.1007/BF01622200>
- Karabulut, M., Bemben, D. A., Sherk, V. D., Anderson, M. A., Abe, T., & Michael, G. B. (2011). Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1659–1667. <https://doi.org/10.1007/S00421-010-1796-9>
- Kelly, J. J. (2019). Bone Turnover Markers in Osteoporosis. *JAMA*, 322(23), 2344–2344. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2019.17668>
- Kemmler, W., Kohl, M., Fröhlich, M., Jakob, F., Engelke, K., von Stengel, S., & Schoene, D. (2020). Effects of High-Intensity Resistance Training on Osteopenia and Sarcopenia Parameters in Older Men with Osteosarcopenia-One-Year Results of the Randomized Controlled Franconian Osteopenia and Sarcopenia Trial (FrOST). *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 35(9), 1634–1644. <https://doi.org/10.1002/JBMR.4027>
- Kerr, D., Morton, A., Dick, I., & Prince, R. (1996). Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11(2), 218–225. <https://doi.org/10.1002/JBMR.5650110211>
- Kistler-Fischbacher, M., Weeks, B. K., & Beck, B. R. (2021). The effect of exercise intensity on bone in postmenopausal women (part 1): A systematic review. *Bone*, 143, 115696. <https://doi.org/10.1016/J.BONE.2020.115696>
- Klibanski, A., Adams-Campbell, L., Bassford, T., Blair, S. N., Boden, S. D., Dickersin, K., Gifford, D. R., Glasse, L., Goldring, S. R., Hruska, K., Johnson, S. R., McCauley, L. K., & Russell, W. E. (2001). Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA*, 285(6), 785–795. <https://doi.org/10.1001/JAMA.285.6.785>
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(11), 1985–1996. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000142662.21767.58>
- Linero, C., & Choi, S. J. (2021). Effect of blood flow restriction during low-intensity resistance training on bone markers and physical functions in postmenopausal women. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 19(1), 57–65. <https://doi.org/10.1016/J.JESF.2020.09.001>
- Martin-Millan, M., Almeida, M., Ambrogini, E., Han, L., Zhao, H., Weinstein, R. S., Jilka, R. L., O'Brien, C. A., & Manolagas, S. C. (2010). The Estrogen Receptor- α in Osteoclasts Mediates the Protective Effects of Estrogens on Cancellous But Not Cortical Bone. *Molecular Endocrinology*, 24(2), 323–334. <https://doi.org/10.1210/ME.2009-0354>
- McKinlay, S. M., Brambilla, D. J., & Posner, J. G. (1992). The normal menopause transition. *American Journal of Human Biology : The Official Journal of the Human Biology Council*, 4(1), 37–46. <https://doi.org/10.1002/ajhb.1310040107>
- Mosti, M. P., Kaehler, N., Stunes, A. K., Hoff, J., & Syversen, U. (2013). Maximal strength training in postmenopausal women with osteoporosis or osteopenia. *Journal of*

Strength and Conditioning Research, 27(10), 2879–2886.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280d4e2>

- Nakamura, T., Imai, Y., Matsumoto, T., Sato, S., Takeuchi, K., Igarashi, K., Harada, Y., Azuma, Y., Krust, A., Yamamoto, Y., Nishina, H., Takeda, S., Takayanagi, H., Metzger, D., Kanno, J., Takaoka, K., Martin, T. J., Chambon, P., & Kato, S. (2007). Estrogen Prevents Bone Loss via Estrogen Receptor α and Induction of Fas Ligand in Osteoclasts. *Cell*, 130(5), 811–823. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2007.07.025>
- Nishizawa, Y., Miura, M., Ichimura, S., Inaba, M., Imanishi, Y., Shiraki, M., Takada, J., Chaki, O., Hagino, H., Fukunaga, M., Fujiwara, S., Miki, T., Yoshimura, N., & Ohta, H. (2019). Executive summary of the Japan Osteoporosis Society Guide for the Use of Bone Turnover Markers in the Diagnosis and Treatment of Osteoporosis (2018 Edition). *Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry*, 498, 101–107. <https://doi.org/10.1016/J.CCA.2019.08.012>
- 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. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Peacock, K., Carlson, K., & Ketvertis, K. M. (2023). Menopause. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507826/>
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 456–464. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4>
- Saaig, M., & Ashraf, B. (2017). Modifying “Pico” Question into “Picos” Model for More Robust and Reproducible Presentation of the Methodology Employed in A Scientific Study. *World Journal of Plastic Surgery*, 6(3), 390. /pmc/articles/PMC5714990/
- Sam Koshy, F., George, K., Poudel, P., Chalasani, R., Goonathilake, M. R., Waqar, S., George, S., Jean-Baptiste, W., Yusuf Ali, A., Inyang, B., & Mohammed, L. (2022). *Exercise Prescription and the Minimum Dose for Bone Remodeling Needed to Prevent Osteoporosis in Postmenopausal Women: A Systematic Review*. <https://doi.org/10.7759/cureus.25993>
- Sobolev, B., Sheehan, K. J., Kuramoto, L., & Guy, P. (2015). Risk of second hip fracture persists for years after initial trauma. *Bone*, 75, 72–76. <https://doi.org/10.1016/J.BONE.2015.02.003>
- Vannucci, L., Fossi, C., Quattrini, S., Guasti, L., Pampaloni, B., Gronchi, G., Giusti, F., Romagnoli, C., Cianferotti, L., Marcucci, G., & Brandi, M. L. (2018). Calcium Intake in Bone Health: A Focus on Calcium-Rich Mineral Waters. *Nutrients* 2018, Vol. 10, Page 1930, 10(12), 1930. <https://doi.org/10.3390/NU10121930>
- Von Stengel, S., Kemmler, W., Lauber, D., Kalender, W. A., & Engelke, K. (2007). Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal

- women: a 2-year longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 649–655. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2006.033480>
- Von Stengel, S. Von, Kemmler, W., Pintag, R., Beeskow, C., Weineck, J., Lauber, D., Kalender, W. A., & Engelke, K. (2005). Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 181–188. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01260.2004>
- Wang, Z., Zan, X., Li, Y., Lu, Y., Xia, Y., & Pan, X. (2023). Comparative efficacy different resistance training protocols on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and network meta-analysis. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 14). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1105303>
- Watson, S. L., Weeks, B. K., Weis, L. J., Harding, A. T., Horan, S. A., & Beck, B. R. (2018). High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women With Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 33(2), 211–220. <https://doi.org/10.1002/JBMR.3284>
- Zemadani, K. (2023a). Effect of resistance exercises on bone density in postmenopausal women. *Journal of Research and Practice on the Musculoskeletal System*, 7(2), 60–68. <https://doi.org/10.22540/jrpms-07-060>
- Zemadani, K. (2023b). Effect of resistance exercises on bone density in postmenopausal women. *Journal of Research and Practice on the Musculoskeletal System*, 7(2), 60–68. <https://doi.org/10.22540/jrpms-07-060>
- Zhao, R., Zhao, M., & Xu, Z. (2015). The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporosis International*, 26(5), 1605–1618. <https://doi.org/10.1007/S00198-015-3034-0/METRICS>

7. ANEXOS

ANEXO 1. Evaluación del riesgo para cada tipo de sesgo y en cada dominio en cada artículo

Este anexo muestra las tablas de riesgo de sesgo para los artículos seleccionados en la revisión bibliográfica (Tabla 6-12).

Tabla 6

Riesgo de sesgo investigación de Borba-Pinheiro 2016.

Borba-Pinheiro 2016		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	Indica que la muestra fue generada aleatoriamente, controlada y de forma paralela, pero no indica el método de generación de la secuencia.
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	No se describe claramente el método de ocultamiento de la asignación.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Alto riesgo.	Los participantes conocen claramente el tipo de intervención que están llevando a cabo.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo bajo.	Todas las medidas fueron realizadas en un laboratorio particular que desconocía el propósito del estudio.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	En el estudio se realiza un análisis "Per Protocol" (PP), indica el número y motivo de pérdida de los participantes durante el estudio, pero no se describe claramente si se abordó la pérdida de seguimiento o cómo se manejan los datos faltantes.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados obtenidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detecta otra fuente de sesgo.

Tabla 7

Riesgo de sesgo investigación de Eslamipour 2023.

Eslamipour 2023		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Riesgo bajo.	La muestra fue controlada y aleatorizada de forma paralela usando un método de aleatorización de bloques recuperables generados por computadora con un tamaño de bloque aleatorio de 1 a 1 a 1.
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Riesgo bajo.	Los participantes fueron asignados aleatoriamente a través de sobres ocultos, numerados secuencialmente, sellados y opacos y dentro de ellos se colocó una tarjeta que indicaba el grupo asignado.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Riesgo bajo.	Los participantes estaban completamente cegados a las intervenciones después de la asignación, ya que ningún paciente conoció la intervención asignada al resto de grupos.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	No se describe claramente si se llevó a cabo el cegamiento o cómo se implementó.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo bajo.	No hubo ninguna pérdida de participantes durante el estudio. No hubo pérdida de datos.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados predefinidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detecta otra fuente de sesgo.

Tabla 8

Riesgo de sesgo investigación de Holubiac 2022.

Holubiac 2022		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Alto riesgo.	El grupo de ejercicios estuvo formado por mujeres voluntarias; el grupo de control estuvo formado por mujeres que no quisieron participar en el protocolo de entrenamiento.
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Alto riesgo.	Debido al método de distribución de la muestra no es posible el ocultamiento de la asignación.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Alto riesgo.	Los participantes conocen claramente el tipo de intervención que están llevando a cabo.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	No se describe claramente si se llevó a cabo el cegamiento o cómo se implementó.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo bajo.	No hubo ninguna pérdida de participantes durante el estudio. No hubo pérdida de datos.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados predefinidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detecta otro riesgo de sesgo.

Tabla 9

Riesgo de sesgo investigación de Holubiac 2023.

Holubiac 2023		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Riesgo bajo.	La muestra fue controlada y asignada aleatoriamente utilizando una fórmula de aleatorización en el software Excel 2019.
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	No se describe claramente el método de ocultamiento de la asignación.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Alto riesgo.	Los participantes conocen claramente el tipo de intervención que están llevando a cabo.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo bajo.	Las valoraciones de las variables iniciales y finales fueron realizadas por un evaluador cegado.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	En el estudio se realiza un análisis "Per Protocol" (PP), indica el número y motivo de pérdida de los participantes durante el estudio, pero no se describe claramente si se abordó la pérdida de seguimiento o cómo se manejan los datos faltantes.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados predefinidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detectan otras vías de riesgo de sesgo.

Tabla 10

Riesgo de sesgo investigación de Linero 2021.

Linero 2021		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	Indica que la muestra fue asignada de forma controlada y aleatoria, pero no indica el método de generación de la secuencia aleatoria.
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	No se describe claramente el método de ocultamiento de la asignación.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Alto riesgo.	Los participantes conocen claramente el tipo de intervención que están llevando a cabo.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	No se describe claramente si se llevó a cabo el cegamiento o cómo se implementó.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo bajo.	No hubo ninguna pérdida de participantes durante el estudio. No hubo pérdida de datos.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados predefinidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detecta otra fuente de sesgo.

Tabla 11

Riesgo de sesgo investigación de Mosti 2013.

Mosti 2013		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	Indica que la muestra fue estratificada y aleatorizada, pero no se describe claramente el método de generación de la secuencia.
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Riesgo poco claro.	No se describe claramente el método de ocultamiento de la asignación.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Alto riesgo.	Los participantes conocen claramente el tipo de intervención que están llevando a cabo.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	No se describe claramente si se llevó a cabo el cegamiento o cómo se implementó.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo poco claro.	Se describe el número y motivo de la pérdida de los participantes durante el estudio, pero no se describe claramente si se abordó la pérdida de seguimiento o cómo se manejan los datos faltantes.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados predefinidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detecta otro riesgo de sesgo.

Tabla 12

Riesgo de sesgo investigación de Watson 2018.

Watson 2018		
Sesgo	Valoración	Apoyo a la valoración
Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Riesgo bajo.	La secuencia de aleatorización fue producida por un investigador externo mediante un generador de números aleatorios (Microsoft Excel, Microsoft, Redmond, WA, EE. UU.).
Ocultamiento de la asignación (sesgo de selección)	Riesgo bajo.	Secuencia de ocultamiento de aleatorización cegada mediante sobres opacos.
Cegamiento de los participantes y del personal (sesgo de realización) Todos los resultados	Alto riesgo.	Los participantes conocen claramente el tipo de intervención que están llevando a cabo.
Cegamiento de la evaluación de resultados (sesgo de detección) Todos los resultados	Riesgo bajo.	Un investigador no cegado realizó todas las medidas, pero para limitar el sesgo de observación, otro evaluador cegado analizó y verificó los resultados de las medidas.
Datos de resultados incompletos (sesgo de deserción) Todos los resultados	Riesgo bajo.	Para evitar el sesgo de resultados incompletos, esta investigación abordó un "Análisis de Intención de Tratar" ITT (Intent-to-Treat, en inglés) para el análisis de los datos iniciales y finales y un "Análisis por protocolo" PP (Per Protocol, en inglés) para ajustar el análisis de los resultados finales. Además, describe los motivos de la pérdida de participantes por cada grupo.
Informes selectivos (sesgo de informe)	Riesgo bajo.	Se describe claramente el plan de análisis estadístico y se incluyen todos los resultados obtenidos.
Otro sesgo	Riesgo bajo.	No se detecta otra fuente de sesgo.

ANEXO 2. Ejemplo de sesión “tipo” del programa de entrenamiento en fase inicial

EJEMPLO SESIÓN FASE INICIAL:

2 sesiones por semana - 5 ejercicios por sesión.

Sesión 1 (lunes):

- Sentadilla trasera en “multipower” (barra guiada).
- Peso muerto convencional.
- Extensión de Columna en banco inclinado.
- Curl de bíceps con barra z.
- Curl de tríceps con mancuernas.

Sesión 2 (jueves):

- Sentadillas explosivas con salto.
- Abducción de cadera en máquina.
- Aducción de cadera en máquina.
- Extensión de rodilla en máquina.
- Curl de isquio en máquina.

Ejecución del ejercicio:

- Fase concéntrica 2 segundos, 1 segundo fase isométrica, 2 segundos fase excéntrica.

Calentamiento:

- 10 minutos calentamiento aeróbico (5 minutos andar en cinta rodante a 5 km/h) + 5 minutos para calentamiento específico.

Volumen:

- 3 series por ejercicio.
- 10 repeticiones por serie.

Descansos de 60 segundos entre series y 3 minutos entre ejercicios.

Intensidad:

- Del 30 al 40% del 1RM.

ANEXO 3. Ejemplo de sesión “tipo” del programa de entrenamiento en fase nivel medio

EJEMPLO SESIÓN FASE NIVEL MEDIO:

3 sesiones por semana – 5 ejercicios por sesión.

Sesión 1 (lunes):

- Sentadilla trasera en “multipower” (barra guiada).
- Peso muerto rumano.
- Extensión de rodilla en máquina.
- Curl de bíceps con barra z.
- Curl de tríceps con mancuernas.

Sesión 2 (miércoles):

- Sentadillas explosivas con salto.
- Peso muerto convencional.
- Aducción de cadera en máquina.
- Abducción de cadera en máquina.
- Extensión de columna en banco inclinado.

Sesión 3 (viernes):

- Sentadilla trasera en “multipower” (barra guiada).
- Peso muerto convencional.
- Curl de isquio en máquina.
- Curl de bíceps con mancuernas.
- Extensión de tríceps con cuerda en polea.

Ejecución del ejercicio:

- Fase concéntrica 1 segundo y controlar la fase excéntrica.

Calentamiento:

- 10 minutos calentamiento aeróbico (5 minutos andar en cinta rodante a 5 km/h) + 5 minutos para calentamiento específico.

Volumen:

- 3 series por ejercicio.
- 10 repeticiones por serie.

Descansos de 60 segundos entre series y 3 minutos entre ejercicios.

Intensidad:

- Del 50 al 60% del 1RM.

ANEXO 4. Ejemplo de sesión “tipo” del programa de entrenamiento en fase nivel avanzado

EJEMPLO SESIÓN FASE NIVEL MEDIO:

3 sesiones por semana – 6 ejercicios por sesión

Sesión 1 (lunes):

- Sentadilla trasera en “multipower” (barra guiada).
- Peso muerto sumo.
- Extensión de cadera en máquina.
- Curl de bíceps con mancuernas.
- Extensión de tríceps con cuerda en polea.

Sesión 2 (miércoles):

- Sentadilla trasera en “multipower” (barra guiada).
- Aducción de cadera en máquina.
- Abducción de cadera en máquina.
- Curl de bíceps con barra z.
- Fondos de triceps en máquina.

Sesión 3 (viernes):

- Sentadillas explosivas con salto.
- Peso muerto convencional.
- Extensión de rodilla en máquina.
- Curl de isquio en máquina.
- Extensión de columna en banco inclinado.

Ejecución del ejercicio:

- Fase concéntrica a alta velocidad y controlar la fase excéntrica.

Calentamiento:

- 10 minutos calentamiento aeróbico (5 minutos andar en cinta rodante a 5 km/h) + 5 minutos para calentamiento específico.

Volumen:

- 3 series por ejercicio.
- 8 repeticiones por serie.

Descansos de 3 minutos entre series y 3 minutos entre ejercicios.

Intensidad:

- 75% del 1RM.