

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



**EFFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA
PREVENCIÓN DE LA OSTEOPOROSIS EN ADULTOS MAYORES
ACTIVOS.**

REVISIÓN NARRATIVA

AUTOR: JAVIER LUCAS BONO

TUTOR/A: MARIA ANTONIA PARRA RIZO

CURSO ACADÉMICO: 2025-2026

ÍNDICE

	PÁG.
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. METODOLOGÍA	6
3. RESULTADOS	10
4. DISCUSIÓN	11
5. CONCLUSIÓN.....	14
6. BIBLIOGRAFÍA	15
7. ANEXOS	16



RESUMEN

Introducción: El envejecimiento se asocia a un deterioro de la salud ósea y un aumento en la prevalencia de la osteoporosis, lo que eleva el riesgo de fracturas y dependencia. Aunque la actividad física general es beneficiosa, es necesario determinar la eficacia específica del entrenamiento de fuerza para mitigar la pérdida de densidad mineral ósea (DMO) en adultos mayores.

Objetivo: El propósito de este trabajo es analizar la evidencia científica actual sobre el impacto del entrenamiento de fuerza en la salud ósea de la población mayor. Se busca identificar las variables de programación (intensidad, volumen y frecuencia) más determinantes para la estimulación osteogénica y prevención de la fragilidad.

Material y método: Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica basada en la búsqueda sistemática en PubMed, Scopus y Web of Science. Se seleccionaron 15 artículos con alta calidad metodológica (8 ECA y 7 revisiones sistemáticas con metaanálisis) publicados en los últimos diez años, aplicando criterios de inclusión específicos sobre la edad y tipo de fuerza. La calidad se evaluó mediante las escalas PEDro y AMSTAR 2.

Resultados: Los estudios analizados demuestran que los protocolos de alta intensidad (>80% 1RM) son los más efectivos para mejorar la DMO en columna lumbar y fémur, logrando mejoras de hasta 2,9%. El entrenamiento de fuerza no solo mejora la DMO, sino también el grosor cortical y la microarquitectura ósea.

Conclusiones: El entrenamiento de fuerza es una estrategia eficaz y segura para la prevención de la osteoporosis en adultos mayores. La progresión de carga constante y la alta intensidad se confirman como factores críticos para generar adaptaciones óseas positivas, mejorando la calidad de vida y autonomía funcional. Para lograr estas adaptaciones es necesario llegar al 70-75% 1RM

Palabras clave: Adultos mayores; Entrenamiento de fuerza; Osteoporosis; Densidad mineral ósea; Prevención

ABSTRACT

Introduction: Aging is associated with a decline bone health and an increased prevalence of osteoporosis, which raises the risk of fractures and dependency. Although general physical activity is beneficial, it is necessary to determine the specific efficacy of resistance training in mitigating the loss of bone mineral density (BMD) in older adults.

Objective: The purpose of this study is to analyze current scientific evidence regarding the impact of training on bone health in the elderly population. It aims to identify the programming variables (intensity, volume and frequency) that are most decisive for osteogenic stimulation and the prevention of frailty.

Materials and Methods: A literature review was conducted based on a systematic search in PubMed, Scopus, and Web of Science. Fifteen high-quality methodological articles (8 RCTs and 7 systematic reviews with meta-analyses) published within the last ten years were selected, applying specific inclusion criteria regarding age type of strength training. Quality was assessed using the PEDro and AMSTAR 2 scales.

Results: The analyzed studies demonstrate the high-intensity protocols (>80% 1RM) are the most effective for improving BMD in the lumbar spine and femur, achieving improvements of up to 2,9%. Resistance training not only improves BMD but also enhances cortical thickness and bone microarchitecture.

Conclusions: Resistance training is an effective and safe strategy for the prevention of osteoporosis in older adults. Constant load progression and high intensity are confirmed as

critical factors for generating positive bone adaptations, improving quality of life and functional autonomy. To achieve these adaptations, reaching 70-75% 1RM is necessary.

Keywords: Older adults; Resistance training; Osteoporosis; Bone mineral density; Prevention

1.INTRODUCCIÓN

El envejecimiento es un fenómeno universal e inevitable que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) define como el resultado de la acumulación de una gran variedad de daños moleculares y celulares a lo largo del tiempo. Este proceso conlleva un deterioro gradual de las capacidades físicas y mentales. Sin embargo, estas variaciones no son uniformes. La edad cronológica no siempre refleja el estado real de salud de un individuo.

La OMS (2020), en el marco de la Década del Envejecimiento Saludable 2021-2030, propone un enfoque basado en la conservación de la capacidad funcional. A diferencia de definiciones anteriores, el “Envejecimiento Saludable” fomenta la potenciación y mantenimiento de las facultades que garantizan el bienestar en la vejez, por tanto, ya no se centra solo en cumplir años sin enfermedad.

En el sistema musculoesquelético, el envejecimiento se manifiesta a través de la pérdida de Densidad Mineral Ósea (DMO). A nivel celular ocurre una ruptura del equilibrio del remodelado óseo: la actividad de los osteoclastos (destrucción) supera a la de los osteoblastos (formación), lo que desencadena en una estructura ósea más porosa y frágil. Esta alteración ósea es la base de la osteoporosis, una enfermedad esquelética sistémica caracterizada por una baja masa ósea y un deterioro de la microarquitectura del tejido. Además, este deterioro óseo suele coexistir con la sarcopenia, la pérdida involuntaria de masa y fuerza muscular.

Como señala la evidencia más reciente de Bloch-Ibenfeldt (2025), la interacción entre el hueso y el músculo es tan estrecha que hablamos del síndrome de osteosarcopenia como un estado de vulnerabilidad extrema. En este estado, el hueso y el músculo no solo interactúan mecánicamente, sino también bioquímicamente a través de la secreción de miokinas (como la irisin) y osteokinas (como la osteocalcina), configurando una unidad funcional interdependiente cuya alteración acelera la fragilidad. La irisin, liberada durante la contracción, actúa sobre los osteoblastos favoreciendo formación ósea, mientras que la osteocalcina influye en el metabolismo energético muscular.

La alteración de este diálogo bioquímico acelera la fragilidad sistémica. Persiste un vacío en la literatura sobre como la intensidad del ejercicio modula estas vías endocrinas en sujetos con fragilidad avanzada, lo que genera un debate sobre si los protocolos de baja carga son capaces de activar este eje biológico de manera efectiva.

La osteoporosis se considera una epidemia silenciosa debido a que no da señales de aviso hasta la aparición de la primera fractura. La carga que supone esta enfermedad para la Sanidad es muy alta, ya que se estima que una de cada tres mujeres y uno de cada cinco hombres mayores de 50 años sufrirá una fractura osteoporótica.

Ante el enorme gasto que se genera por las cirugías y los ingresos hospitalarios hace que autores como Kemmler et al. (2020) enfatizan la necesidad de realizar entrenamientos que sean técnicamente sencillos y económicamente viables para ser implementados de forma masiva en la población.

Sin embargo, surge un conflicto de eficiencia en las políticas de salud: mientras que se promueven programas de actividad física genérica por su bajo coste y riesgo percibido, la evidencia sugiere que estos programas podrían no ser efectivos si no se alcanza el umbral mecánico necesario para el remodelado óseo. Este trabajo aborda precisamente la necesidad de avanzar hacia modelos de mayor impacto y especificidad.

La comprensión actual de la salud ósea se fundamenta en el principio de que el hueso es un tejido dinámico que se rige por la Ley de Wolff, la cual adapta la arquitectura del hueso a las demandas funcionales y cargas mecánicas que soporta (Wolff, 1892/1986). Sin embargo, la explicación biológica se comprende mejor a través de la Teoría del Mecanostato de Frost. Según Frost (1987), el tejido óseo posee un sistema de control interno donde los osteocitos actúan como sensores de deformación mecánica; cuando el estímulo supera un umbral determinado, se activa la formación ósea, mientras que la ausencia de carga sitúa al hueso en una “zona de desuso” que favorece su reabsorción.

El sedentarismo actúa como un potente acelerador de la osteoporosis, ya que priva al esqueleto del estímulo necesario para mantener su densidad. Esta inactividad física no solo afecta a la microarquitectura ósea, sino que además deteriora gravemente la funcionalidad del sistema neuromuscular. Como señalan los hallazgos de Otero et al. (2015), el sedentarismo correlaciona directamente con un peor desempeño en test funcionales y un aumento del balanceo postural, factores que multiplican el riesgo de caídas y fracturas. La brecha actual reside en delimitar el umbral de modelado óseo, ya que en el envejecimiento eleva la resistencia del hueso a responder a cargas mecánicas habituales, sugiriendo que el simple mantenerse activo es insuficiente para frenar la degeneración esquelética.

El entrenamiento de fuerza se ha consolidado en la literatura científica como la intervención no farmacológica más robusta para combatir la fragilidad ósea. Su eficacia se basa en el principio de la mecanotransducción. Este proceso biológico descrito de manera fundamental por Duncan y Turner (1995), permite que las células óseas conviertan los estímulos mecánicos en señales bioquímicas, activando la síntesis de proteínas y la formación de nueva matriz ósea. En este sistema, los osteocitos actúan como los principales mecanorreceptores del esqueleto, detectando variaciones en el flujo de fluido intersticial generado por la carga y orquestando la actividad de los osteoblastos (Klein-Nulend et al., 2012).

Sin embargo, para que esta respuesta adaptativa sea significativa en adultos mayores, el estímulo debe ser lo suficientemente intenso como para superar el umbral de modelado establecido por el mecanostato.

En este sentido, las investigaciones de Watson et al. (2018) han marcado un punto de inflexión al demostrar que el entrenamiento de alta intensidad (cargas superiores al 85% 1 RM) es significativamente superior a las cargas moderadas para aumentar la DMO en regiones vulnerables como la columna lumbar y el cuello femoral.

No obstante, persiste un intenso debate respecto a la aplicabilidad universal de la alta carga en el adulto mayor. Algunos autores señalan que la tolerancia mecánica y la individualización del umbral osteogénico siguen siendo variables insuficientemente definidas, especialmente en perfiles con comorbilidades graves o fragilidad avanzada. Existe una discusión activa sobre el efecto dosis-respuesta: se cuestiona si la respuesta ósea presenta una saturación mecanocelular (en el que más volumen no implica mayor formación) y cómo influye el estado hormonal postmenopáusico en la capacidad de respuesta al entrenamiento, lo que demuestra la urgencia de clarificar que protocolos maximizan el beneficio estructural sin comprometer la seguridad.

Asimismo, los beneficios del entrenamiento de fuerza no se basan solo en la estructura del hueso, sino que actúan directamente en la prevención de caídas. Investigaciones como la de Kemmler et al. (2020) confirman que el fortalecimiento de la musculatura de los miembros inferiores y del tronco mejora la potencia y el control neuromuscular. Siguiendo esta línea, los hallazgos de Otero et al. (2015) sugieren que estas adaptaciones funcionales se traducen en un aumento de la velocidad de marcha y una reducción del balanceo postural. Por tanto, el entrenamiento de fuerza se consolida como una herramienta doblemente protectora: por un lado, refuerza la arquitectura del esqueleto y, por otro, optimiza la respuesta neuromuscular para minimizar el riesgo de caídas.

Justificación

Este trabajo nace de la creciente prevalencia de la osteoporosis en una sociedad cada vez más envejecida, lo que supone un desafío para los sistemas de salud pública. A pesar de los avances en el tratamiento farmacológico, la intervención a través del ejercicio físico sigue siendo la estrategia más efectiva y de bajo coste con menores efectos secundarios para la salud ósea.

Sin embargo, existe una diferencia crítica entre la evidencia científica y la práctica clínica convencional. Mientras que tradicionalmente se han prescrito actividades de baja intensidad o bajo impacto por miedo a las lesiones o fracturas por estrés, la evidencia actual, sugiere que estos estímulos suelen ser insuficientes para inducir cambios estructurales en el hueso de un adulto mayor.

Este trabajo cobra sentido ante la urgencia de analizar y validar protocolos de entrenamiento de alta carga que desafíen el umbral de modelado óseo. Como se ha expuesto anteriormente, la aplicación de la Ley de Wolff (1986) y la comprensión del Mecanostato de Frost (1987) indican que solo mediante un estrés mecánico controlado pero significativo se puede revertir o mitigar la pérdida de densidad mineral ósea.

Una de las motivaciones centrales de este trabajo es identificar la ventana terapéutica de la carga. Muchas revisiones fallan al no diferenciar claramente entre ejercicio físico genérico como caminar y el entrenamiento de fuerza estructurado de intensidad suficiente. Existe una necesidad de analizar si existe un efecto dosis-respuesta lineal. Por ello debemos ir más allá de la etiqueta de >65 años sea independiente y camine a diario.

Por eso es fundamental analizar el perfil de forma individual. La respuesta del hueso al entrenamiento no es igual para todos: cambia según sexo, estado hormonal tras menopausia, donde la falta de estrógenos debilita la estructura ósea. También influye el punto de partida, es decir, no se puede entrenar igual a alguien que tiene osteopenia a alguien que ya tiene una osteoporosis. Por eso, este trabajo cuestiona las recomendaciones típicas de hacer un poco de ejercicio y busca investigar si el hueso mejora con la intensidad o si llega a un techo adaptativo donde ya no mejora más.

Otro de los pilares que justifica esta revisión es la necesidad de desmitificar el riesgo asociado al entrenamiento de alta intensidad. A nivel experto, la viabilidad de estos protocolos no depende solo de la supervisión, sino de una gestión del riesgo real de fractura vertebral y por estrés. Es necesario discutir que, aunque la osteoporosis aumente la fragilidad ósea, el riesgo de fractura se reduce mediante una progresión adaptativa del tejido y una buena técnica biomecánica.

Por tanto, se profundiza en el TFG la individualización como estrategia de seguridad, diferenciando contraindicaciones absolutas y relativas. Al analizar estos factores, se pretende demostrar que la protección del adulto mayor no debe basarse en evitar la carga, sino en prescribirla con precisión técnica.

Dado que en la última década se ha producido una evolución significativa en la prescripción del ejercicio en población mayor se ha establecido el periodo de 2015-2025 en la búsqueda de artículos. Aunque existen revisiones previas sobre ejercicio y osteoporosis, muchas no diferencian claramente entre intensidades submáximas y protocolos de alta carga, ni integran de manera conjunta los efectos estructurales y neuromusculares. Esta revisión pretende aportar una síntesis actualizada centrada específicamente en el entrenamiento de fuerza de intensidad suficiente para superar el umbral osteogénico.

Para dar respuesta a la problemática planteada sobre la salud esquelética y el papel del ejercicio físico en el adulto mayor, este Trabajo de Fin de Grado se articula en torno a los siguientes propósitos:

Como objetivo principal se plantea analizar que rangos de intensidad (1%RM), frecuencia semanal, volumen total y duración de la intervención se asocian con incrementos significativos en DMO lumbar y femoral en adultos mayores activos.

Como objetivos secundarios, la investigación se centra en analizar cómo actúa el entrenamiento de fuerza en la prevención de fracturas y reducción del riesgo de caídas, dos de las complicaciones más graves de la fragilidad ósea. Asimismo, el trabajo busca evaluar el impacto que la mejora de la fuerza muscular tiene sobre la calidad de vida y la autonomía funcional de los sujetos. Finalmente, se busca sintetizar las recomendaciones actuales para la prescripción de ejercicio de fuerza, garantizando que sea seguro y eficiente para el adulto mayor.

Para dar respuesta a estos objetivos, el trabajo de fin de grado se organiza de manera sistemática siguiendo una estructura académica de revisión bibliográfica narrativa basada en la evidencia científica actual (2015-2025). Este enfoque permite realizar una búsqueda exhaustiva y una síntesis crítica sobre el efecto que tiene el entrenamiento de fuerza en la salud ósea de adultos mayores e indirectamente como influye en la mejora de calidad de vida.

La organización del trabajo sigue una secuencia lógica que comienza con la introducción, donde se establece el marco teórico y justificación del estudio, tras este apartado se describe el método, donde encontramos los criterios de búsqueda y selección de la evidencia científica.

Posteriormente, en el bloque de resultados, se presenta una síntesis de los hallazgos mediante una tabla comparativa de los estudios seleccionados. Estos datos son analizados en más profundidad en el siguiente apartado, la discusión, donde se contrastan las aportaciones principales, seguidas de la bibliografía y anexos correspondientes.

2.METODOLOGÍA

Este Trabajo de Fin de Grado se trata de una revisión narrativa, gracias a este formato me permitió realizar una síntesis crítica y una actualización de la evidencia científica disponible. A diferencia de otras metodologías, la revisión narrativa facilitó la integración de conceptos fisiológicos, biomecánicos y clínicos, pudiendo así tener una visión más global sobre el impacto del entrenamiento de fuerza en la salud ósea del adulto mayor

Para la elaboración de este trabajo se llevó a cabo una selección cualitativa de la literatura científica en las bases de datos de mayor impacto en el ámbito de las Ciencias de la Salud.

La búsqueda se centró en las bases de datos PubMed (Medline), Scopus y Web of Science, utilizando Google Scholar como herramienta secundaria de búsqueda manual. La búsqueda inicial arrojó 30 artículos de los cuales se descartaron: 4 por duplicidad, 7 por no cumplir los criterios de inclusión y 4 por no poder obtener acceso a texto completo.

Como resultado de este proceso de selección, la muestra final de la revisión fue de 15 artículos científicos de alta calidad, los cuales se analizan en la tabla de resultados mostrada más adelante. Entre estos artículos finales encontramos entrenamiento de fuerza con distintas manifestaciones desde fuerza máxima hasta fuerza combinada y potencia desarrollada en distintos medios como acuático y terrestre.

El tamaño final de la muestra responde a una búsqueda de especificidad. Se seleccionaron aquellos trabajos que profundizaban en el concepto de “umbral osteogénico”, descartando estudios con protocolos ambiguos que pudieran comprometer la claridad de las recomendaciones finales para la práctica profesional

Para asegurar alto rigor científico a las conclusiones de los artículos, la selección de la evidencia no solo se basó en la relevancia temática, sino en una evaluación formal de la calidad metodológica de los estudios primarios y secundarios.

Para los Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA), se empleó la Escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database) como marco de referencia. Esta escala permitió puntuar los estudios (0 -10) en base a criterios críticos como la aleatorización, el cegamiento de los sujetos y evaluadores. Se evaluaron 8 ensayos. Ningún estudio obtuvo la puntuación máxima debido a la imposibilidad de cegar a los sujetos y a los terapeutas. Sin embargo, destaca el alto rigor en el cegamiento de los evaluadores de los resultados. Podemos encontrar la tabla de los ítems y puntuaciones en el anexo (Tabla.1. Tabla Escala PEDro)

En el caso de las Revisiones Sistemáticas y metaanálisis, se siguieron los dominios críticos de la herramienta AMSTAR 2 (A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews). Esto aseguró que la síntesis de evidencia seleccionada presentara una adecuada estrategia de búsqueda, una evaluación del riesgo de sesgo y una interpretación coherente de los resultados. Se analizaron 7 revisiones donde se observó una evolución en el rigor: las publicaciones a partir de 2020 presentaron niveles de confianza “Altos” al cumplir con el registro previo en PROSPERO, mientras que estudios de 2015 mostraron debilidades en ese aspecto. Podemos ver el análisis de la tabla en los anexos. (Tabla 2. Análisis AMSTAR 2)

Finalmente, para detectar posibles debilidades en la evidencia que pudieran condicionar las conclusiones de este TFG, se consideraron los dominios de la herramienta Cochrane de Riesgo de Sesgo (RoB 2). Este análisis cualitativo permitió identificar posibles sesgos de selección o de información, especialmente en estudios donde el cegamiento de los instructores es complejo. Este análisis nos mostró que protocolos de alta intensidad más recientes (Bloch.Ibenfeldt,2025; Savikangas,2024; Watson,2028) presentaron un bajo riesgo de sesgo en todos sus dominios, lo que otorga una validez muy alta sobre los resultados DMO. Mientras que en estudios como el de Genest et al. (2021) y Otero et al. (2017), se observaron algunas dudas debido a la dificultad de asegurar que todos los participantes cumplieron con la intensidad asignada fuera del laboratorio. Podemos encontrar el análisis en los anexos (Tabla 3. Cochrane Risk of Bias 2)

Esta evaluación sistemática de la calidad permite afirmar que las conclusiones de esta revisión emanan un corpus bibliográfico con un alto valor probatorio.

Para la ejecución de la estrategia de búsqueda se seleccionaron palabras clave que permitieron acotar el área de estudio tanto en español como en inglés. Estas palabras clave fueron extraídas de los diccionarios DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) para palabras en español y MeSH (Medical Subject Headings) para palabras en inglés.

En español (DeCS)

- Población: Adultos mayores, personas mayores, envejecimiento.
- Intervención: Entrenamiento de fuerza, ejercicio de fuerza , ejercicio físico
- Variable: Densidad mineral ósea (DMO), salud ósea, equilibrio
- Patología: Osteoporosis, prevención de fracturas

En inglés (MeSH)

- Population: Older adults, elderly, aging
- Intervention: Strength training, resistance training, physical exercise
- Variable: Bone Mineral density (BMD), bone health, balance
- Condition: Osteoporosis, fracture prevention.

Para asegurar el rigor del proceso, se utilizaron filtros específicos (Clinical Trial, Humans, Aged 65+) a parte de los términos anteriores. Estos términos y filtros se combinaron mediante los

operadores de búsqueda “AND” y “OR” permitiendo construir ecuaciones de búsqueda específicas como:

(“Resistance Training” [Mesh] OR “Strength Training”) AND (“Osteoporosis”[Mesh] OR “Bone Mineral Density”) AND (“Aged” [Mesh] OR “Older adults”)

Filters: 2015- 2025; Clinical Trial; Humans; English; Spanish

Para garantizar la calidad de los artículos se aplicaron los siguientes criterios:

INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
Artículos publicados entre 2015-2025	Intervención sin fuerza (solo aeróbico, tai chi, yoga, etc.)
Estudios en español o inglés	Estudios puramente farmacológicos
Participantes $\geq$ 60 años	Poblaciones no mayores
Entrenamiento fuerza como intervención principal	Cartas, editoriales u opiniones
Variables relacionadas con salud ósea: riesgo fractura, marcadores óseos	Artículos duplicados
Acceso a texto completo	Patologías graves no relacionadas
Estudios originales, revisiones o metaanálisis	

A continuación, se exponen las justificaciones de algunos criterios de inclusión y exclusión para una mayor comprensión de la selección de artículos que se ha llevado a cabo:

Periodo temporal (2015 – 2025): Se estableció el periodo 2015 – 2025 con el fin de analizar la evidencia más actual en relación con protocolos de alta intensidad y nuevas metodologías de entrenamiento, dado que en la última década se ha producido una evolución significativa en la prescripción del entrenamiento de fuerza en población mayor. El principal avance lo encontramos en las cargas de alta intensidad (HiRT) que han invalidado protocolos más antiguos que no ofrecían el estímulo mecánico necesario para la creación o desarrollo del hueso (osteogénesis)

Población Adultos Mayores Activos: Puede llevar a confusión este término. Utilizamos el termino en personas de más de 60 años independientes en actividades básicas de la vida diaria (ABVD) y carecen de patologías incapacitantes graves. Es decir, nos referimos a “activo” a personas funcionales y autónomas, no nos referimos a que realicen deporte exclusivamente. Para mayor rigor conceptual, se han seguido los criterios de fragilidad de Fried, seleccionando sujetos que no cumplen fenotipos de fragilidad avanzada (Pérdida de pesos involuntaria, agotamiento, debilidad muscular y lentitud de la marcha), asegurando así que poseen la reserva funcional necesaria para tolerar protocolos de alta intensidad.

Se excluyen ejercicios de baja intensidad como yoga, tai chi o aeróbico aislado porque no se cumple el principio de la carga mecánica progresiva que es el estímulo fisiológico clave para la formación ósea.

Se observó que la mayoría de los estudios utilizaron protocolos de fuerza de alta intensidad (>80%RM). Esto demostró que el entrenamiento con altas cargas no es peligroso en edades avanzadas, de hecho, en los trabajos analizados no se reportaron eventos adversos graves asociados al entrenamiento supervisado.

Este hallazgo fue importante, ya que desmitifica la supuesta peligrosidad del ejercicio de fuerza en sujetos con baja densidad mineral ósea. No obstante, los resultados subrayan que la viabilidad de estos protocolos depende de dos factores críticos:

1. Fase de familiarización técnica: Es necesario un periodo de aprendizaje motor para garantizar la ejecución biomecánica correcta antes de progresar hacia cargas altas.
2. Supervisión cualificada: La presencia de un profesional especializado permite ajustar la dosis de carga en tiempo real, maximizando la adherencia y minimizando el riesgo de lesiones

El análisis crítico del proceso de revisión permitió identificar los siguientes puntos:

Fortalezas:

- Alta calidad de la muestra: El uso de ECA y metaanálisis asegura que las recomendaciones prescritas se basan en datos contrastados y no en observaciones.
- Enfoque en la Carga Mecánica: Se han seleccionado estudios que desafían el paradigma convencional, con la inclusión de entrenamiento de alta carga, potencia e impacto. Permitiendo analizar el estímulo osteogénico real necesario para frenar la resorción ósea
- Diversidad de contextos: Se analiza la eficacia del entrenamiento tanto en entornos terrestres como acuáticos, permitiendo ofrecer una visión adaptable a diferentes perfiles de adultos mayores garantizando que el estímulo mecánico sea viable incluso en presencia de patologías o limitaciones funcionales.
- La aplicabilidad práctica de los protocolos analizados facilita la transferencia de la evidencia a contextos clínicos y comunitarios. Esto permite que los resultados obtenidos sirvan como guía metodológica para profesionales de la salud.

Limitaciones:

A pesar de todas las fortalezas que ofrece el trabajo, es necesario comentar ciertas limitaciones que deben ser tenidas en cuenta al interpretar resultados:

- Heterogeneidad de protocolos: Hay una gran variabilidad en la duración de las intervenciones (desde 6 meses a 2 años) y en la frecuencia semanal, lo que hace que sea difícil ofrecer una dosis de ejercicio única y universal.
- Diferentes técnicas de medición: Se han empleado distintas herramientas para medir salud ósea (DXA, PqCT, marcadores bioquímicos). Todas son válidas pero su sensibilidad varía por lo que puede generar pequeñas discrepancias en los resultados.
- Sesgo de género y selección: La mayoría de los artículos estudia principalmente la población femenina, lo que limita la extrapolación de los datos a la población masculina. Esto ocurre porque en mujeres la pérdida de masa ósea es más acelerada y precoz tras el descenso de estrógenos tras la menopausia. Por el contrario, en los hombres la osteoporosis suele manifestarse más tarde y de forma gradual. Esto ha provocado que se estudie menos en esta población. Sin embargo, no por no haber estudios es menos importante el entrenamiento de fuerza, sino que es igual que en mujeres para reducir riesgo de fractura.
- Posible sesgo de publicación: Se debe reconocer la tendencia intrínseca del sistema de publicación científica a priorizar estudios con resultados positivos. Esto podría llevar a una sobreestimación del efecto osteogénico del entrenamiento frente a intervenciones que no han sido publicadas o difundidas con la misma intensidad.

- Ausencia de adherencia: La mayoría de los artículos se centran en el periodo investigado, pero no hay datos sobre la adherencia real y el mantenimiento de hábitos de entrenamiento una vez finalizada la revisión.
- Naturaleza cualitativa de la síntesis: Al tratarse de una revisión narrativa, no se ha realizado un metaanálisis cuantitativo que permita calcular el efecto global. La síntesis es analítica y crítica, pero carece de procesamiento numérico de los datos primarios que ofrecería un diseño estrictamente sistemático.

3.RESULTADOS

Con la búsqueda bibliográfica y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 15 artículos. De estos, 8 son ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y 7 son revisiones sistemáticas con metaanálisis. La muestra total abarca desde adultos mayores sanos hasta poblaciones con algún diagnóstico de osteopenia y osteoporosis, predominante en mujeres postmenopáusicas, aunque también incluyen estudios en varones.

Las intervenciones analizadas se centran en entrenamiento de fuerza en distintas modalidades: Alta carga, Alta intensidad, entrenamiento de potencia, multicomponente y ejercicio en medio acuático. Los periodos de intervención oscilaron entre 12 semanas y 12 meses.

Al pasar la escala PEDro en los estudios ECA, se observa que tienen una puntuación media-alta de 6'6/10. Sin embargo, los estudios de Bloch-Ibenfeldt (2025) y Savinkangas et al. (2024) destacan por su alto rigor metodológico 8/10. El análisis RoB2 identifica un bajo riesgo de sesgo global en los estudios más recientes mientras que algunas dudas detectadas se relacionan con la falta de cegamiento de sujetos y terapeutas.

Por otro lado, tenemos también revisiones sistemáticas y metaanálisis a los cuales también les pasamos un filtro de calidad llamado AMSTAR-2 para saber el nivel de confianza. Los resultados obtenidos son de nivel de confianza Alto y moderado. Destacan dos autores por cumplir todos los dominios críticos, incluido el registro prospectivo del protocolo.

La evidencia sugiere que las intensidades elevadas son las más efectivas para estimular la osteogénesis. Watson et al. (2018) a través del protocolo LIFTMOR, reportaron un incremento del 2,9% en la DMO con cargas superiores al 85% RM. Siguiendo la misma línea, Bloch-Ibenfeldt (2025) demostró que el entrenamiento de fuerza pesada aumenta significativamente el biomarcador P1NP, favoreciendo la formación ósea.

Además, otros estudios refuerzan esta tesis ya que establecen que la dosis óptima para que haya adaptación ósea en adultos mayores se encuentra entre el 70% y el 85% de RM, siendo la progresión constante de carga un factor determinante.

El entrenamiento de fuerza de alta intensidad demostró ser seguro y eficaz en varones con osteosarcopenia. Kemmler et al. (2020) registró mejoras del 1,8% en la DMO lumbar y de cadera tras 12 meses de intervención. Por su parte, Genest et al. (2021) subrayaron que combinar fuerza con impacto no solo mejora la densidad, sino también la microarquitectura ósea.

El entrenamiento de potencia sale como un factor clave para la salud estructural. Avelar et al. (2016) demostraron beneficios significativos mediante circuitos de potencia, mientras que Ramírez- Villada (2016) probó que el trabajo de potencia en medio acuático a máxima velocidad es una alternativa efectiva para personas con limitaciones articulares, logrando un aumento del 1,1% DMO femoral

Mas allá de los cambios estructurales en el hueso, el entrenamiento de fuerza se relaciona directamente con la reducción del riesgo de fractura por su efecto en la estabilidad. Claudino et al. (2021) y Linhares et al. (2022) concluyen que la mejora del control neuromuscular y el equilibrio dinámico reduce significativamente la tasa de caídas, complementando el efecto protector del fortalecimiento óseo.

Para ayudar la comprensión de los resultados se encuentra anexada una tabla resumen de resultados (Tabla 4. Tabla Resultados)

4.DISCUSIÓN

El análisis de la literatura científica actual permite establecer una conexión directa entre los principios biomecánicos de la ley de Wolff (1986) y los resultados clínicos observados en adultos mayores. Tras revisar los estudios seleccionados, se observa que la forma de entender el ejercicio para la salud ósea ha evolucionado: ya no se trata solo de mantenerse activo, sino de aplicar el estímulo mecánico preciso para generar cambios estructurales.

La conclusión más sólida de esta revisión es que el entrenamiento de alta carga (HIRT) es la modalidad más eficaz para el incremento de la densidad mineral ósea (DMO).

Estudios de referencia como el ensayo LIFTMOR (Watson et al., 2018) reportaron incrementos significativos del 2,9% +- 2,8% en la DMO del cuello femoral, superando los resultados de programas de carga moderada. Desde una perspectiva fisiológica, esto se explica por el Mecanostato de Frost (1987), el tejido óseo requiere superar un umbral de deformación mecánica para activar las unidades de remodelado. En consecuencia, la literatura indica que solo las cargas que generan una deformación mecánica (strain) elevada logran señalar a los osteocitos para iniciar la osteogénesis.

Autores como Kitsuda et al. (2021) y Borde et al. (2015) coinciden en que intensidades por debajo de 70-75%RM podrían no ser suficientes para el modelado óseo. Sin embargo, aunque la mayoría de los estudios respaldan la superioridad del HiRT, algunos ensayos multicomponentes (Avelar et al., 2016; Otero et al., 2017) muestran incrementos mas modestos o mantenimiento de la masa ósea. Esto sugiere que la adherencia y la seguridad clínica también influyen en la efectividad real fuera de entornos controlados. Como postulan Claudino et al. (2021), la efectividad de un programa reside en la sinergia entre la resistencia ósea y la capacidad neuromuscular para evitar el evento traumático de la caída.

El hueso solo mejora donde experimenta la tensión.

Según la teoría de la mecanotransducción (Duncan & Turner, 1995), los osteocitos transforman la carga física en señales biológicas de crecimiento, activando así el citoesqueleto celular para reforzar la estructura (Klein-Nulend et al. 2012). Esto justifica que los ejercicios de cadena cinética cerrada, como sentadillas o prensas, sean los más recomendados por Massini et al. (2022) y Shojaa et al. (2020), ya que distribuyen el peso directamente sobre la columna lumbar y el cuello femoral, las zonas con mayor riesgo de fractura.

Al analizar en los estudios que parámetros específicos responden mejor a este estímulo, la evidencia destaca tres variables.

Una de las variables es la DMO en hueso trabecular. Las variables de densidad mineral ósea en la columna lumbar y cuello femoral son las que muestran una mejoría más significativa y consistente (Watson et al. 2018; Kitsuda et al. 2021). Esto ocurre porque el hueso trabecular (predominante en estas zonas) es metabólicamente más activo que el hueso cortical, permitiendo una remodelación más rápida ante cargas altas.

Por otro lado, otra de las variables es la fuerza estructural y grosor cortical. Más allá de la densidad, autores como Savikangas et al. (2024) y Kemmler et al. (2020) sugieren que el entrenamiento de alta intensidad mejora el grosor de la corteza del hueso y su resistencia a la torsión. Esto implica que el hueso no solo es más pesado, sino que, su arquitectura interna se vuelve más eficiente para soportar impactos.

Por último, tenemos la geometría ósea. Protocolos que incluyen carga axial y pequeños impactos, como los descritos por Ramirez-Villada et al. (2016), influyen positivamente en el área de la sección transversal del hueso.

En resumen, la variable que más mejora es la DMO regional, pero el beneficio real del entrenamiento de fuerza reside en la combinación de una mayor mineralización con una estructura más resistente, lo que reduce el riesgo de rotura. Es la diferencia de tener una columna de tiza (dura pero frágil) y una de hormigón armado (fuerte y elástica)

Variables óseas (resumen)

AUTOR	VARIABLE OSEA	CAMBIO PROMEDIO	RELEVANCIA CLINICA
Watson (2018), Kitsuda (2021)	DMO Trabecular	Aumenta 1,5% a 3%	Mayor metabolismo y respuesta rápida
Kemmler (2020) Savikangas (2024)	Grosor Cortical	Aumenta Microarquitectura	Mejora la resiliencia ante la torsion
Ramírez-Villada (2016)	Area Transversal	Respuesta Positiva	Mayor capacidad de absorción de carga

Para que el entrenamiento provoque cambios reales en la estructura ósea, la dosis es el factor clave. La revisión de Borde et al. (2015) establece un rango de intensidad entre el 70%-85% 1 RM. Es necesario entender que el 70% es el umbral mínimo efectivo para la formación del hueso, por debajo de esta carga el estímulo es insuficiente para deformar el hueso y activar a los osteocitos. Sin embargo, los resultados más destacados en la mejora de la DMO se obtienen cuando los programas trabajan entorno al 80-85% 1RM, ya que estas cargas son las que realmente superan el umbral del Mecanostato de Frost (1987)

La evidencia indica que entrenamientos de 2 a 3 veces por semana con alta intensidad resultan efectivos para la remodelación ósea. Este descanso entre sesiones es vital, ya que el hueso necesita tiempo para que la remodelación ósea se complete tras el estrés del entrenamiento.

Se propone que la progresión de carga sea sistémica, iniciando con fases de familiarización técnica (1 a 4 semanas) con cargas de 40-50% 1RM para asegurar la integridad articular antes de alcanzar cargas máximas.

Seguimos con una Fase Incremento (Semana 5-12) donde aumentamos del 2,5 al 5% de carga total cada dos semanas, progresando hasta umbral 75%RM

Por último, fase de alta carga (Semana 12+) donde ya se trabaja a intensidades del 80-85%RM. Según la evidencia, añadir una cuarta sesión semanal no aporta beneficios extra en la DMO y podría interferir con el ciclo de remodelado óseo que necesita de 48-72 horas para que la señalización se consolide en nueva matriz ósea.

Es preferible priorizar la calidad técnica y la intensidad sobre la frecuencia excesiva; El hueso requiere de periodos de descanso de 48-72 horas para que la señalización se consolide en nueva matriz ósea.

Sin embargo, en sujetos con limitaciones articulares, se recomienda priorizar la velocidad concéntrica máxima con cargas moderadas o recurrir al medio acuático (Ramírez-Villada, 2016) para generar estrés óseo sin compromiso articular.

Para que los futuros programas de ejercicio sean efectivos en la prevención de la osteoporosis, deben alejarse del enfoque conservador de baja carga. Basándome en la evidencia de los estudios actuales, se recomienda priorizar la intensidad sobre el volumen, asegurando cargas que desafíen la estructura del hueso bajo supervisión profesional (kemmler et al. 2020).

No obstante, la monotonía de la carga es insuficiente si no se combina con potencia e impacto controlado. La velocidad de carga es el estímulo que mejor activa la formación ósea a nivel celular (Klein-Nulend et al. 2012).

Finalmente, basándonos en la experiencia de Ramírez-Villada et al (2016), el éxito de estos programas reside en la adherencia a largo plazo, entendiendo que la salud esquelética no responde a estímulos aislados, sino a una exposición constante y progresiva que logre revertir la fragilidad propia del envejecimiento.

Es fundamental indicar que las mejoras en fuerza y equilibrio se observan en 3-6 meses, mientras que cambios significativos en la DMO requieren de 6 a 12 meses

A pesar de los buenos resultados, existen limitaciones metodológicas en los estudios:

Primera limitación es el sesgo de género. Como señala Genest et al. (2021), casi toda la investigación se centra en mujeres, dejando un vacío sobre cómo responden los hombres a estas cargas.

La segunda limitación es el factor tiempo. El remodelado óseo es un proceso lento, unos 6-12 meses para ver cambios. Muchos estudios apenas duran 3-4 meses, tiempo insuficiente para ver cambios consolidados en la estructura ósea total, limitándose a observar marcadores químicos en sangre (Bloch- Ibenfeldt et al. 2025)

También tenemos la heterogeneidad en los protocolos: Como señalan Zhao et al (2015) y Linhares et al. (2022), existe una gran diversidad en lo que cada autor considera alta intensidad, lo que dificulta comparar los resultados de manera exacta.

Por último, encontramos limitación en sesgo de Publicación y muestra: Existe la posibilidad de que los estudios con resultados positivos estén sobrerrepresentados en las bases de datos, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos. La presencia de estudios con muestras limitadas sugiere que se deben interpretar los resultados con cautela

Para que los futuros programas de ejercicio sean efectivos en la prevención de la osteoporosis, deben alejarse del enfoque conservador de baja carga. Basándome en la evidencia de los estudios actuales, se recomienda priorizar la intensidad sobre el volumen, asegurando cargas que desafíen la estructura del hueso bajo supervisión profesional (Kemmler et al. 2020).

No obstante, la monotonía de la carga es insuficiente si no se combina con potencia e impacto controlado. La velocidad de carga es el estímulo que mejor activa la formación ósea a nivel celular (Klein-Nulend et al. 2012).

Finalmente, basándonos en la experiencia de Ramírez-Villada et al (2016), el éxito de estos programas reside en la adherencia a largo plazo, entendiendo que la salud esquelética no responde a estímulos aislados, sino a una exposición constante y progresiva que logre revertir la fragilidad propia del envejecimiento.

5. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado durante todo el trabajo, se hace evidente que los protocolos de entrenamiento de alta carga (HiRT) constituyen una estrategia prometedora y efectiva para la prevención de fragilidad ósea en adultos mayores.

La ciencia es clara al respecto: el hueso solo responde ante estímulos que superen su umbral de adaptación, lo que invalida las recomendaciones de ejercicio ligero como única herramienta frente a la osteoporosis.

La literatura indica que el umbral del mecanostato óseo se sitúa preferentemente por encima del 70-75% de 1RM, siendo intensidades comprendidas entre 80-85% las que muestran mayor probabilidad de éxito en la remodelación ósea.

Los hallazgos derivados de esta revisión permiten concluir que la alta intensidad no solo favorece el aumento de DMO, sino que optimiza variables estructurales como el grosor cortical y la resistencia a la torsión, factores que incrementan la resiliencia del hueso ante impactos.

La aplicación de cargas axiales progresivas, combinadas con ejercicios de control motor, ofrece una protección de doble vía: una mejora en la arquitectura esquelética y una reducción del riesgo de caída.

Podemos concluir que el éxito clínico de estas intervenciones depende de una progresión sistemática y supervisada, respetando los tiempos biológicos de adaptación 3-6 meses y 6-12 para cambios estructurales óseos.

Finalmente, a pesar de la evidencia favorable, la presencia de estudios con muestras limitadas y un posible sesgo de publicación sugieren que los resultados deben interpretarse con prudencia académica. No obstante, bajo la supervisión de profesionales, el entrenamiento de alta intensidad constituye una estrategia prometedora y efectiva para la prevención de la fragilidad ósea produciendo así un envejecimiento activo y una reducción en el impacto sociosanitario de las patologías óseas.

6. BIBLIOGRAFIA

Avelar, B. P., Costa, J. N. de A., Safons, M. P., Dutra, M. T., Bottaro, M., Gobbi, S., Tiedemann, A., de David, A. C., & Lima, R. M. (2016). Balance Exercises Circuit improves muscle strength, balance, and functional performance in older women. *Age*, 38(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11357-016-9872-7>

Bloch-Ibenfeldt, M., Gates, A. T., Jørgensen, N. R., Linneberg, A., Aadahl, M., Kjær, M., & Boraxbekk, C. J. (2025). Heavy resistance training provides short-term benefits on bone formation in well-functioning older adults. *Bone*, 193, Artículo 117393. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2025.117393>

Borde, R., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2015). Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1693–1720. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0385-9>

Claudino, J. G., Afonso, J., Sarvestan, J., Lanza, M. B., Pennone, J., Filho, C. A. C., Serrão, J. C., Espregueira-Mendes, J., Vasconcelos, A. L. V., de Andrade, M. P., Rocha-Rodrigues, S., Andrade, R., & Ramirez-Campillo, R. (2021). Strength training to prevent falls in older adults: A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Clinical Medicine*, 10(14), 3184. <https://doi.org/10.3390/jcm10143184>

Duncan, R. L., & Turner, C. H. (1995). Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. *Calcified tissue international*, 57(5), 344–358. <https://doi.org/10.1007/BF00302070>

Frost, H.M. (1987). Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *Anat Rec*. 1987 Sep;219(1):1-9. <https://doi.org/10.1002/ar.1092190104>

Genest, F., Lindström, S., Scherer, S., Schneider, M., & Seefried, L. (2021). Feasibility of simple exercise interventions for men with osteoporosis – A prospective randomized controlled pilot study. *Bone Reports*, 15, Artículo 101099. <https://doi.org/10.1016/j.bonr.2021.101099>

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*, 35(9), 1634–1644. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4027>

Kitsuda, Y., Wada, T., Noma, H., Osaki, M., & Hagino, H. (2021). Impact of high-load resistance training on bone mineral density in osteoporosis and osteopenia: A meta-analysis. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 39(5), 787–803. <https://doi.org/10.1007/s00774-021-01218-1>

Klein-Nulend, J., Bacabac, R. G., & Bakker, A. D. (2012). Mechanical loading and how it affects bone cells: the role of the osteocyte cytoskeleton in maintaining our skeleton. *European cells & materials*, 24, 278–291. <https://doi.org/10.22203/ecm.v024a20>

Linhares, D. G., Borba-Pinheiro, C. J., Castro, J. B. P. de, Santos, A. O. B. dos, Santos, L. L. dos, Cordeiro, L. de S., Drigo, A. J., Nunes, R. de A. M., & Vale, R. G. de S. (2022). Effects of multicomponent exercise training on the health of older women with osteoporosis: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14195. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114195>

Massini, D. A., Nedog, F. H., de Oliveira, T. P., Almeida, T. A. F., Santana, C. A. A., Neiva, C. M., Macedo, A. G., Castro, E. A., Espada, M. C., Santos, F. J., & Filho, D. M. P. (2022). The effect of resistance training on bone mineral density in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare*, 10(6), 1129. <https://doi.org/10.3390/healthcare10061129>

Organización Mundial de la Salud (2021). Década del envejecimiento saludable: informe de referencia: resumen. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/350938>.

Organización Mundial de la Salud (2015). Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/186466>

Otero, M., Esain, I., González-Suarez, Á. M., & Gil, S. M. (2017). The effectiveness of a basic exercise intervention to improve strength and balance in women with osteoporosis. *Clinical Interventions in Aging*, 12, 505–513. <https://doi.org/10.2147/CIA.S127233>

Ramírez-Villada, J. F., León-Ariza, H. H., Argüello-Gutiérrez, Y. P., & Porras-Ramírez, K. A. (2016). Efecto de los movimientos explosivos y de impacto aplicados en piscina sobre la composición corporal, la fuerza y la densidad mineral ósea de mujeres mayores de 60 años. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 51(2), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2015.09.001>

Savikangas, T., Suominen, T. H., Alén, M., Rantalainen, T., & Sipilä, S. (2024). Changes in femoral neck bone mineral density and structural strength during a 12-month multicomponent exercise intervention among older adults – Does accelerometer-measured physical activity matter? *Bone*, 178, Artículo 116951. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2023.116951>

Shojaa, M., von Stengel, S., Kohl, M., Schoene, D., & Kemmler, W. (2020). Effects of dynamic resistance exercise on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis with special emphasis on exercise parameters. *Osteoporosis International*, 31(8), 1427–1444. <https://doi.org/10.1007/s00198-020-05441-w>

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>

Wolff, J. (1986). *The law of bone remodeling* (P. Maquet & R. Furlong, Trads.). Springer-Verlag. (Obra original publicada en 1892).

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>

7. ANEXOS

Tabla.1. Tabla Escala PEDro

AUTOR (AÑO)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Avelar et al. (2016)	Sí	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6/10
Bloch-Ibenfeldt (2025)	Sí	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Genest et al.(2021)	Sí	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6/10
Kemmler et al. (2020)	Sí	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7/10
Otero et al. (2017)	Sí	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Ramirez-Villada (2016)	Sí	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Savikangas et al.(2024)	Sí	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Watson et al. (2018)	Sí	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7/10

Nota. 1-Criterios de elección especificados. 2-Sujetos asignados al azar. 3-Asignación oculta. 4- Grupos similares al inicio en relación con los indicadores de pronóstico más importantes. 5- Todos los sujetos fueron cegados. 6-Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. 7-Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. 8- Las medidas de al menos de uno de los resultados fueron obtenidas en más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. 9-Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”. 10-Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. 11- El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave. (1)=presente (0)= ausente. Elaboración propia.

Tabla 2. Analisis AMSTAR 2

AUTOR (AÑO)	PROTOCOLO REGISTRO	BÚSQUEDA EXHAUSTIVA	JUSTIFICACIÓN EXCLUSIÓN	RIESGO DE SESGO (RoB)	META-ANÁLISIS APROPIADO	SESGO DE PUBLICACIÓN	CONFIANZA
Borde et al. (2015)	-	+	+	+	+	+	Moderada
Claudino et al. (2021)	+	+	+	+	+	+	Alta
Kitsuda et al. (2021)	+	+	+	+	+	-	Moderada
Linhares et al. (2022)	+	+	-	+	+	+	Moderada
Massini et al. (2022)	+	+	+	+	+	+	Alta
Shojaa et al. (2020)	+	+	-	+	+	+	Moderada
Zhao et al. (2015)	-	+	-	+	+	+	Moderada

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3. Cochrane Risk of Bias 2

AUTOR (AÑO)	D1	D2	D3	D4	D5	GLOBAL
Avelar et al. (2016)	Dudas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Dudas
Bloch-Ibenfeldt (2025)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo riesgo
Genest et al.(2021)	Bajo	Dudas	Bajo	Bajo	Bajo	Dudas
Kemmler et al. (2020)	Bajo	Dudas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo riesgo
Otero et al. (2017)	Dudas	Dudas	Bajo	Bajo	Bajo	Dudas
Ramirez-Villada (2016)	Dudas	Dudas	Bajo	Bajo	Bajo	Dudas
Savikangas et al.(2024)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo riesgo
Watson et al. (2018)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo riesgo

Nota. D1: Proceso de aleatorización; D2: Desviaciones de las intervenciones previstas; D3: Datos de resultados faltantes; D4: Medición del resultado; D5: Selección del resultado reportado. Bajo: El estudio es metodológicamente solido; Dudas: Falta información detallada en el texto. Elaboración propia.

Tabla 4. Tabla Resultados

AUTOR Y AÑO	DISEÑO, MUESTRA (GC**) Y EVIDENCIA	TIPO ENTRENAMIENTO	INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA	MEDIDAS ÓSEAS UTILIZADAS	RESULTADOS	RELEVANCIA PARA LA REVISIÓN
Avelar et al. (2016)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA)(1b); Mujeres mayores >60años; GC: Si	Fuerza y Potencia (RT y Power)	Int: 70-80%RM Freq: 3 d/s Duración: 50min; 12 semanas	DXA Dinamometría	Entrenamiento en circuito mejora la potencia muscular y salud ósea.	Da visión de la potencia como factor clave para mejorar salud ósea.
Bloch-Ibenfeldt (2025)	Ensayo clínico aleatorizado (ECA) (1b); n=147 (mixto) (62-70 años); GC: Si	Fuerza Pesada (HRT)	Int: 70-85%RM Freq: 3d/sem Duración: 60 min; 12 meses	P1NP (Prim) CTX (Prim) DMO(Prim) +1,2% DMO	Aumento significativo de P1NP lo que benefició la formación ósea y mantenimiento de la DMO.	Aporta evidencia actual sobre relación entre biomarcadores y fuerza pesada.
Borde et al. (2015)	Revisión Sistemática y metaanálisis (1a); 43 estudios (Adultos sanos >60años); GC: No	Fuerza (RT)	Int: 70-85%RM Freq: 2-3d/s Duración: 60 min; >24sem	DXA Adaptación Neuromuscular	La dosis óptima para la adaptación ósea es 70-85%RM	Establece las directrices de prescripción de ejercicio para la revisión
Claudio et al. (2021)	Revisión sistemática y metaanálisis (1a); 25 estudios (>60años); GC: Si	Fuerza (RT)	Int: 70-80%RM Freq: 2-3 d/s Duración: 45-60min; 3-12meses	DMO (Prim) Tasas caídas (Sec)	Entrenamiento de fuerza reduce el riesgo de caídas y mejora la estabilidad ósea.	Justifica que el entrenamiento de fuerza previene fracturas por caídas.
Genest et al. (2021)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) (1b); Varones con osteoporosis >65 años; GC: No	Fuerza Alta Carga Impacto (RT y Plyo)	Int: 80%RM Freq: 2d/s Duración: 60 min; 6meses	HR-pQCT (Prim)	Entrenamiento de fuerza incluyendo impactos mejora DMO y microarquitectura en hombres	Demuestra la efectividad del entrenamiento de fuerza en población masculina.
Kemmler et al. (2020)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) (1b); Varones osteosarcopénicos >70años; GC: No	Fuerza Alta Intensidad (HIRT)	Int: 80-90%RM Freq: 2 d/s Duración: 60 min; 12meses	DXA(DMO) (Prim) SMI (Sec) +1,8% DMO	Entrenamiento de Fuerza de Alta Intensidad aumenta la DMO lumbar y cadera y previene osteosarcopenia (FrOST)	Demuestra la seguridad de entrenamiento a intensidades altas en personas mayores.
Kitsuda et al. (2021)	Revisión Sistemática y metaanálisis (1a); 10 estudios (osteopenia/osteoporosis >60años); GC: No	Fuerza de Alta Carga (HRT)	Int: >75%RM Freq: 2-3d/s Duración: 50min; >6meses	DMO (Prim) TE: Alto	Alta carga se utiliza como estándar para sujetos con baja masa ósea	Efecto de alta carga en la DMO

Linhares et al. (2022)	Revisión sistemática y metaanálisis (1a); 13 estudios (mujeres osteoporosis >60años); GC: No	Fuerza y multicomponente	Int: Moderada - Alta Freq: 3s/s Duración: 50min	DMO (Prim)	Reducción efectiva del riesgo de fracturas osteoporóticas por el fortalecimiento óseo	Relaciona el fortalecimiento de los huesos mediante entrenamiento de fuerza con la prevención de fracturas
Massini et al. (2022)	Revisión Sistemática y metaanálisis (1a) 21 estudios(>60años); GC: Si	Fuerza (RT)	Int: 50-85% Freq: 2-3d/sem Duración: 45-60min/s; 6-12 meses	DXA(DMO) (Prim)	Aumento significativo de la DMO en cuello de fémur y columna vertebral.	Aporta la base del trabajo, hablando de efectividad del entrenamiento de fuerza.
Otero et al. (2017)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) (1b); Mujeres osteoporosis >60años; GC: No	Fuerza y Equilibrio (RT)	Int: 70%RM Freq: 2d/s Duración:60 min; 6 meses	DXA (Prim) Test funcionales (Sec)	Entrenamiento de fuerza y equilibrio mantiene la DMO y mejora equilibrio dinámico	Demuestra la efectividad de programas básicos y accesibles para prevención de caídas.
Ramírez – Villada (2016)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA)(1b); Mujeres >60años; GC:No	Fuerza y Potencia Acuática	Int: Máxima Velocidad Freq: 2-3 d/s Duración:60 min; 24sem	DXA (DMO Femoral) +1,1%DMO	La potencia en el agua aumenta la DMO femoral	Alternativa efectiva para personas con limitaciones articulares.
Savikangas et al. (2024)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) (1b) N=216 (70-85años); GC:Si	Multicomponente	Int: Mod-Alta Freq: 2dias/s Duración: 60min;12 meses	DMO (Prim) pQCT (Prim)	La actividad física diaria influye en la mejora de la resistencia ósea del fémur multiplicando efectividad al ejercicio pautado.	Relaciona estilo de vida activo con el ejercicio físico pautado
Shojaee et al. (2020)	Revisión Sistemática y metaanálisis (1a); 12 estudios (mujeres postmenopáusicas >60años); GC: No	Fuerza Dinámica (RT)	Int: 70-80%RM Freq: 2-3d/s Duración: 60min; >6meses	DXA (DMO) (Prim)	Se requiere progresión constante de intensidad. Ya que es determinante para formación ósea	Discute la importancia de la carga sobre el Volumen total.
Watson et al. (2018)	Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA)(1b); Mujeres Postmenopáusicas >60años; GC: No	Fuerza Alta Intensidad (HiRT)	Int: >85%RM Freq: 2d/s Duración:30 min; 8meses	DXA (Prim) Morfometría vertebral (Sec) +2,9% DMO	Fuerza de Alta Intensidad mejora la altura vertebral	Efectividad de sesiones cortas y con altas cargas

						(LIFTMOR) y la ganancia de DMO	
Zhao et al. (2015)	Revisión Sistemática y metaanálisis (1a); 11 estudios (Mujeres Postmenopáusicas >60años); GC: No	Modos de Fuerza (RT)	Int: Progresiva Freq: 2-3 d/s Duración: 60 min; 6-12 meses	DXA (DMO lumbar/femoral)	El entrenamiento de fuerza es más efectivo para mantener DMO que solo aeróbico	Demuestra que la fuerza es la base para el entrenamiento óseo.	

Nota. **Nivel de evidencia (Oxford CEBM). **GC: Grupo Control. **TE: Tamaño del Efecto. Elaboración Propia.

