



## Entrenamiento físico y salud ósea en mujeres posmenopáusicas: revisión sistemática

*Entrenamiento físico y salud ósea en mujeres posmenopáusicas: revisión sistemática*

### Autores

Rocío Bustos Barahona<sup>1</sup>  
Yoselin Reyes Sanchez<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidad Santo Tomas  
(Chile)

Autor de correspondencia:  
Rocío Bustos Barahona<sup>1</sup>  
rocibustos@santotomas.cl

Recibido: 30-07-25  
Aceptado: 01-12-25

### Cómo citar en APA

Bustos Barahona, R., & Reyes Sánchez, Y. (2026). Entrenamiento físico y salud ósea en mujeres posmenopáusicas: revisión sistemática. *Retos*, 75, 859-878. <https://doi.org/10.47197/retos.v75.117282>

### Resumen

**Introducción:** La osteoporosis es una enfermedad esquelética progresiva caracterizada por la reducción de la densidad mineral ósea (DMO), lo que aumenta el riesgo de fracturas, especialmente en la columna lumbar y el cuello femoral. Afecta principalmente a mujeres posmenopáusicas debido al descenso del estrógeno, hormona esencial en el metabolismo óseo. La pérdida de masa ósea compromete la funcionalidad y calidad de vida, incrementando la morbilidad en esta población. El ejercicio físico se ha propuesto como una estrategia no farmacológica para prevenir o revertir la pérdida ósea, aunque sus efectos específicos no están completamente dilucidados.

**Objetivo:** Analizar los efectos de distintas modalidades de ejercicio físico sobre la densidad mineral ósea en mujeres posmenopáusicas e identificar los rangos de intensidad más efectivos para su mejora.

**Métodos:** Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA 2020. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados publicados entre 2016 y diciembre de 2024 que evaluaran programas de ejercicio (fuerza, impacto, aeróbico o combinados). El riesgo de sesgo se evaluó con la herramienta RoB 2 y la certeza de la evidencia con el enfoque GRADE.

**Resultados:** Se analizaron 16 ensayos (n = 1.186; edad media = 63 años). La mayoría reportó incrementos modestos en DMO lumbar (+1,4 % a +2,9 %) y femoral (+0,8 % a +3,5 %). Los programas de fuerza e impacto fueron más efectivos en cuello femoral, mientras que las intervenciones combinadas mostraron mejoras consistentes en columna lumbar.

**Conclusiones:** El ejercicio físico, especialmente el que integra fuerza e impacto, es una intervención eficaz para mejorar o mantener la DMO en mujeres posmenopáusicas, contribuyendo a la prevención de fracturas y a la salud ósea y funcional.

### Palabras clave

Ejercicio; terapia por ejercicio; densidad ósea; osteoporosis posmenopáusica; posmenopausia.

### Abstract

**Introduction:** Osteoporosis is a progressive skeletal disease characterized by decreased bone mineral density (BMD), which increases the risk of fractures, particularly in the lumbar spine and femoral neck. It predominantly affects postmenopausal women due to the decline in estrogen, a key hormone in bone metabolism. Bone mass loss compromises functionality and quality of life, increasing morbidity in this population. Physical exercise has been proposed as a non-pharmacological strategy to prevent or reverse bone loss; however, the specific effects of different exercise modalities remain unclear.

**Objective:** To analyze the effects of different exercise modalities on bone mineral density in postmenopausal women and identify the most effective intensity ranges for its improvement.

**Methods:** A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Randomized controlled trials (RCTs) published between 2016 and December 2024 assessing exercise programs (strength, impact, aerobic, or combined) in postmenopausal women were included. Risk of bias was assessed using the RoB 2 tool, and the certainty of evidence was evaluated using the GRADE approach.

**Results:** Sixteen RCTs (n = 1,186; mean age = 63 years) were included. Most studies reported modest but significant increases in lumbar spine BMD (+1.4% to +2.9%) and femoral neck BMD (+0.8% to +3.5%). Strength and impact training programs showed the greatest benefits in femoral neck BMD, whereas combined interventions demonstrated consistent improvements in lumbar spine BMD.

**Conclusions:** Physical exercise, particularly programs integrating strength and impact components, is an effective intervention to improve or maintain BMD in postmenopausal women, contributing to fracture prevention and enhanced bone and functional health.

### Keywords

Exercise; exercise therapy; bone density; osteoporosis, postmenopausal; postmenopause.

## Introducción

La osteoporosis constituye una afección de alta relevancia en mujeres posmenopáusicas. Tras la menopausia, la pérdida acelerada de estrógenos disminuye la densidad mineral ósea (DMO) y aumenta el riesgo de fracturas (Khosla y Monroe, 2018). A nivel global, se estima que más de 200 millones de personas viven con osteoporosis, y que aproximadamente una de cada tres mujeres posmenopáusicas sufrirá al menos una fractura osteoporótica a lo largo de su vida (Kanis et al., 2021; Hernlund et al., 2023). Estudios recientes también confirman que la prevalencia de osteoporosis y baja masa ósea continúa en aumento, especialmente en mujeres mayores de 60 años (Svedbom et al., 2023).

En el ámbito iberoamericano, revisiones recientes muestran que las mujeres posmenopáusicas constituyen el grupo de mayor riesgo debido al marcado descenso de estrógenos y a la reducción progresiva de la DMO, con un impacto significativo en la incidencia de fracturas osteoporóticas (Mata et al., 2025). Además, se proyecta que las fracturas de cadera superarán los 6 millones de casos anuales para 2050, representando un desafío creciente para los sistemas de salud debido a su alta mortalidad e impacto funcional (Cooper et al., 2022).

La DMO en la región proximal del fémur predice fracturas generales, mientras que la DMO lumbar predice fracturas vertebrales (Gourlay et al., 2012). La disminución de la DMO y el deterioro del rendimiento físico aumentan el riesgo de caídas, lo que contribuye significativamente a fracturas y a la disminución de la calidad de vida (Shumway-Cook et al., 2000). Para evaluar este riesgo, se utilizan pruebas como la Escala de Equilibrio de Berg (BBS) y la prueba Timed Up and Go (TUG).

En la actualidad, los medicamentos representan la intervención más eficaz para mejorar la DMO. Existen dos categorías principales: Antirresortivos, que reducen la pérdida ósea, como los bifosfonatos (alendronato, risedronato, zoledrónico), que incrementan la DMO y reducen las fracturas (Black et al., 1996; McClung et al., 2001; Reginster et al., 2000). Anabólicos, que estimulan la formación ósea, como la teriparatida (Neer et al., 2001; Tsai et al., 2011). La suplementación también es fundamental. Se recomienda 1000–1500 mg/día de calcio y 600–800 UI/día de vitamina D (Tang et al., 2007). Las isoflavonas, análogos estructurales del estrógeno, han demostrado beneficios en la DMO (Marini et al., 2007; Uesugi et al., 2004; Taku et al., 2010). Se ha observado una relación negativa entre niveles plasmáticos de antioxidantes y DMO, lo que sugiere la importancia de un incremento de reservorio antioxidante (Gugliucci & Meini, 2002).

El ejercicio es otra estrategia eficaz que mejora la DMO, acorde con la ley de Wolff y la teoría de Frost (Frost, 2003). Modalidades como el entrenamiento de resistencia, aeróbico e impacto han mejorado la DMO en distintas regiones corporales, especialmente cuando se combinan (Howe et al., 2011; Zhao & Zhao, 2015; Watson et al., 2018; Shojaa et al., 2020, 2021).

Adicionalmente, el entrenamiento físico no solo influye en la densidad mineral ósea, sino que también tiene un impacto relevante sobre el rendimiento físico global y la prevención de caídas, aspectos cruciales en mujeres posmenopáusicas con riesgo de fracturas. Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento de fuerza incrementa la masa y la fuerza muscular, mejora la estabilidad postural y reduce el temor a caer, un factor psicológico que contribuye a la restricción de la movilidad y a la pérdida funcional progresiva (Miszko et al., 2003; Marques et al., 2011; de Oliveira Silva et al., 2013).

Por otro lado, el entrenamiento de equilibrio ha mostrado efectos positivos tanto en la disminución del miedo a caer como en la reducción de la incidencia real de caídas, lo que repercute directamente en la prevención de fracturas y en la preservación de la autonomía funcional (Liu-Ambrose et al., 2004; Granacher et al., 2011). Los programas multicomponente, que combinan ejercicios de fuerza, equilibrio, impacto y actividades aeróbicas, parecen ofrecer beneficios integrales al mejorar simultáneamente la DMO, la capacidad funcional y la calidad de vida (Marques et al., 2011; Villareal et al., 2011; Bocalini et al., 2008).

Si bien la farmacoterapia y la suplementación nutricional han demostrado eficacia en la reducción del riesgo de fracturas mediante la mejora de la DMO, su impacto sobre la función física y el riesgo de caídas es limitado. En este sentido, la incorporación del ejercicio físico emerge como una estrategia complementaria de alto valor, al abordar tanto la salud ósea como los factores de riesgo funcional asociados a las caídas (Marques et al., 2011; Liu-Ambrose et al., 2004). Sin embargo, persiste una importante laguna

en la literatura respecto a cuál es la modalidad de ejercicio más eficaz (fuerza, impacto, aeróbico o combinada), así como los parámetros óptimos de frecuencia, duración e intensidad para maximizar el beneficio sobre diferentes regiones óseas (columna lumbar y cuello femoral) y sobre desenlaces funcionales clave.

En este contexto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo sintetizar y analizar críticamente la evidencia reciente sobre los efectos de distintas modalidades de ejercicio físico en la densidad mineral ósea de mujeres posmenopáusicas. Este trabajo busca identificar los beneficios y limitaciones de cada tipo de intervención, así como las lagunas existentes en el conocimiento, con el fin de aportar información actualizada y aplicable que oriente la prescripción de ejercicio en la práctica clínica y en estrategias de salud pública dirigidas a la prevención de fracturas y el mantenimiento de la funcionalidad en esta población en riesgo.

## Método

### *Criterios de elegibilidad*

Se incluyeron ensayos clínicos controlados aleatorizados o no aleatorizados que evaluaran los efectos del ejercicio físico combinado con medicación o suplementos sobre la densidad mineral ósea (DMO) y/o el rendimiento físico en mujeres posmenopáusicas.

#### *Inclusión*

Mujeres posmenopáusicas diagnosticadas con osteopenia u osteoporosis mediante DEXA (T-score  $\leq -1$ ). Intervenciones que combinaran ejercicio físico estructurado (resistencia, aeróbico, equilibrio, combinado) con tratamiento farmacológico o suplementos (calcio, vitamina D, bifosfonatos u otros). Estudios con grupo control recibiendo únicamente medicación o suplemento. Estudios publicados desde el año 2016 en adelante, en inglés, español o portugués.

#### *Exclusión*

Se excluyeron los estudios que incluyeron población masculina, mujeres en etapa premenopáusica o participantes con fracturas recientes (menores a seis meses). También se excluyeron los estudios observacionales, revisiones narrativas o sistemáticas, editoriales, protocolos de investigación y aquellos cuyo texto completo no estuviera disponible. Asimismo, no se consideraron ensayos que carecían de una descripción clara del tipo de ejercicio aplicado o que no evaluaban la densidad mineral ósea ni parámetros de función física como desenlaces principales.

### *Fuentes de información*

Se realizó una búsqueda sistemática en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y Google Scholar y las listas de referencias de los estudios seleccionados para identificar literatura adicional. La última búsqueda se efectuó el 15 de diciembre de 2024.

### *Estrategia de búsqueda*

Se utilizaron combinaciones de términos MeSH y palabras clave relacionadas con la población, la intervención y los desenlaces: (postmenopause[MeSH Terms] OR postmenopausal women OR postmenopause OR menopausal women) AND (exercise[MeSH Terms] OR exercise therapy OR training OR physical activity OR resistance training OR aerobic training) AND (bone mineral density[MeSH Terms] OR bone density OR osteoporosis OR bone health OR bone strength) AND (calcium[MeSH Terms] OR vitamin D OR bisphosphonates OR supplementation OR nutritional supplement OR drug therapy). Se aplicaron filtros para ensayos clínicos y humanos. No se restringió por idioma, pero se priorizó inglés, español y portugués.

### *Proceso de selección de los estudios*

Dos revisores independientes (R1 y R2) examinaron de manera ciega los títulos y resúmenes para identificar los estudios potencialmente elegibles. Las discrepancias se resolvieron mediante un protocolo previamente definido que incluyó: (1) discusión estructurada entre ambos revisores, (2) reevaluación del criterio conflictivo utilizando los criterios de elegibilidad originales, y (3) en caso de persistir el



desacuerdo, intervención de un tercer revisor (R3) con voto decisivo. El proceso se documentó mediante un diagrama PRISMA 2020 que registra estudios identificados, excluidos y motivos de exclusión.

### **Proceso de extracción de los datos**

La extracción se realizó de manera independiente por dos revisores usando una planilla predefinida (Excel). Se recopilaron datos sobre: Características del estudio (autor, año, país) Población (edad, T-score, tamaño muestral) Intervención (tipo de ejercicio, duración, frecuencia, tipo de suplemento/medicación) Desenlaces principales (DMO lumbar, cuello femoral, trocánter, cadera total; rendimiento físico: TUG, BBS, fuerza, miedo a caer, calidad de vida) Se contactó a los autores originales cuando existían datos faltantes o ambiguos.

#### *Lista de los datos*

Desenlaces principales: Cambios en DMO (columna lumbar, cuello femoral, trocánter y cadera total) y en pruebas de rendimiento físico (TUG, BBS, fuerza de EEII, calidad de vida, miedo a caer). Variables adicionales: Edad media, T-score basal, duración y frecuencia del entrenamiento, tipo de suplemento/medicación y país del estudio.

### **Sesgos potenciales en la selección de estudios**

A pesar de la aplicación de criterios estandarizados y la revisión independiente por duplicado, el proceso de selección pudo verse afectado por varios sesgos. Entre ellos, sesgo de publicación, dado que los estudios con resultados positivos suelen publicarse con mayor frecuencia que aquellos con resultados nulos. También pudo existir sesgo de idioma, ya que, aunque no se restringió la búsqueda, la mayor parte de los estudios disponibles se encontraron en inglés. Asimismo, se identificó el riesgo de sesgo de disponibilidad, relacionado con estudios cuyo texto completo no estuvo accesible, y sesgo de selección, derivado de diferencias en los criterios diagnósticos de osteoporosis y en la definición operativa de posmenopausia entre estudios. Para minimizar estos riesgos, se realizaron búsquedas ampliadas, revisión doble ciega y un protocolo de consenso para resolver discrepancias entre revisores.

### **Evaluación del riesgo de sesgo**

Se utilizó la herramienta RoB 2 de Cochrane para ensayos clínicos. Dos revisores evaluaron cada estudio de manera independiente en los cinco dominios: aleatorización, desviaciones de la intervención, datos incompletos, medición del desenlace y reporte selectivo. Las discrepancias se resolvieron por consenso.

#### *Medidas del efecto*

Para los desenlaces continuos (DMO, TUG, BBS, fuerza) se calcularon diferencias de medias estandarizadas (SMD) con intervalos de confianza del 95% (IC95%). Para la síntesis se utilizaron modelos de efectos aleatorios debido a la heterogeneidad prevista.

#### *Métodos de síntesis*

Se tabularon las características de los estudios en tablas resumen. Se realizó un metaanálisis para los desenlaces con datos comparables (DMO lumbar y función física). La heterogeneidad se evaluó con el estadístico  $I^2$ . Valores  $>50\%$  se interpretaron como heterogeneidad sustancial. Se realizaron análisis de subgrupos según tipo de ejercicio (resistencia, combinado, impacto) y tipo de suplemento/medicación. Se aplicaron análisis de sensibilidad excluyendo estudios con alto riesgo de sesgo.

#### *Evaluación de la certeza de la evidencia*

La certeza global para cada desenlace se calificó con el sistema GRADE, considerando riesgo de sesgo, inconsistencia, indirectitud, imprecisión y sesgo de publicación. Los resultados se clasificaron como muy baja, baja, moderada o alta certeza.

## **Resultados**

La búsqueda sistemática identificó 1.432 registros en las bases de datos electrónicas. Tras eliminar 432 duplicados, quedaron 1.000 registros únicos para cribado por título y resumen. De estos, se excluyeron 600 por irrelevancia y 100 por otros motivos (población inadecuada, diseño no elegible o estudios no clínicos), resultando en 300 registros para revisión manual. Posteriormente se excluyeron 120 registros



adicionales, quedando 180 para recuperación de texto completo; 30 informes no se lograron recuperar. Finalmente, se evaluaron 150 estudios en texto completo, de los cuales 134 se excluyeron por criterios predefinidos (falta de datos, diseño no aleatorizado, participantes < 55 años, problemas de legibilidad u otros). En total, se incluyeron 16 ensayos clínicos aleatorizados para el análisis cualitativo y cuantitativo (Figura 2).

Los 16 estudios incluidos abarcan un total aproximado de 1.186 mujeres posmenopáusicas, con edades entre 55 y 70 años y diagnósticos de osteopenia u osteoporosis. Las intervenciones variaron en tipo de ejercicio (fuerza, impacto, combinado o vibración), duración (8 semanas a 36 meses) y frecuencia (2 a 5 sesiones por semana). La densidad mineral ósea (DMO) se evaluó principalmente mediante absorciometría dual de rayos X (DEXA), y en algunos estudios complementariamente con MRI o HR-pQCT. Las tablas 1 y 2 describen en detalle las características y componentes de cada intervención.

La mayoría de los estudios reportó incrementos modestos pero consistentes en la DMO lumbar. Los cambios porcentuales oscilaron entre +1,4 % y +2,9 %, con el mayor incremento observado en Kemmler et al. (2015) (+2,91 %). También destacaron Borba-Pinheiro et al. (2016) (+2,68 %) y Holubiak et al. (2022) (+2,58 %). Algunos ensayos mostraron cambios mínimos o negativos, como Posch et al. (2019) (-0,12 %) y Oliveira et al. (2016) (-0,11 %) (Figura 5). En cuello femoral, los incrementos variaron entre +0,8 % y +3,5 %, siendo Kemmler et al. (2015) el estudio con mayor mejora (+3,49 %). Resultados superiores al 2 % se observaron en Borba-Pinheiro et al. (2016), Holubiak et al. (2022) y Beck et al. (2015). En contraste, Oliveira et al. (2016) reportó un cambio cercano a cero (-0,13 %) (Figura 6).

Los programas de entrenamiento de fuerza y ejercicios de impacto mostraron los mayores beneficios en cuello femoral ( $\approx 2,5-3,5$  %), mientras que los programas combinados y de fuerza + impacto ofrecieron mejoras moderadas y más homogéneas en columna lumbar ( $\approx 1,5-2,5$  %) (Figura 3). Esto sugiere que las adaptaciones óseas pueden variar según la modalidad de entrenamiento aplicada. Las intervenciones cortas ( $\leq 3$  meses) evidenciaron incrementos rápidos en cuello femoral ( $\sim 2,3$  %) y más modestos en columna lumbar ( $\sim 1,5$  %). Los programas de larga duración ( $> 6$  meses) lograron aumentos equilibrados y sostenidos en ambas regiones ( $\sim 2$  %), mientras que los de duración intermedia (3-6 meses) presentaron las menores ganancias (Figura 4).

Siete estudios reportaron desenlaces secundarios relacionados con fuerza muscular, equilibrio o calidad de vida. En general, se observaron mejoras consistentes en equilibrio y función física, aunque con alta heterogeneidad metodológica y dificultad para combinar cuantitativamente los resultados. El análisis de riesgo de sesgo (RoB 2) mostró riesgo bajo en la mayoría de los dominios para medición de desenlaces y generación de secuencia aleatoria, pero preocupación moderada por desviaciones en la intervención y reporte selectivo. La certeza de la evidencia (GRADE) fue moderada para DMO lumbar, baja para DMO en cuello femoral y muy baja a baja para variables funcionales (Tabla GRADE).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020.

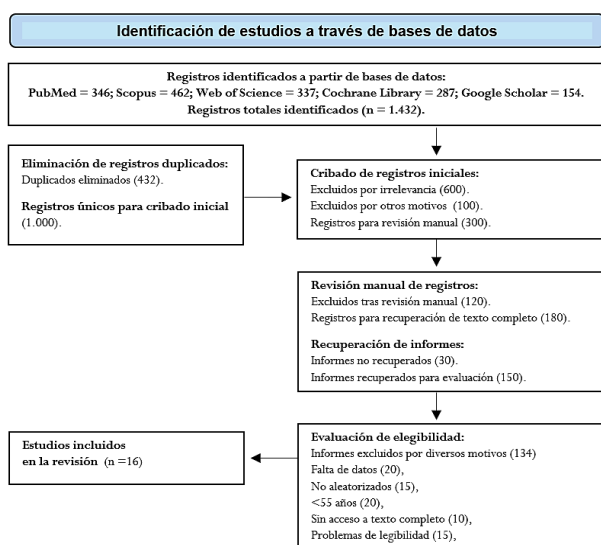


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA para la selección de estudios. Se identificaron 1.432 registros a partir de las bases de datos electrónicas (PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y Google Scholar). Tras la eliminación de 432 duplicados, quedaron 1.000 registros para el cribado inicial por título y resumen; se excluyeron 600 por irrelevancia y 100 por otros motivos, quedando 300 registros para revisión manual. De estos, 120 fueron excluidos, y los 180 restantes pasaron a recuperación de texto completo. Treinta informes no pudieron recuperarse, por lo que 150 fueron evaluados en texto completo. Se excluyeron 134 por no cumplir los criterios de elegibilidad (falta de datos, diseño no aleatorizado, edad < 55 años, problemas de legibilidad u otros motivos), quedando finalmente 16 estudios incluidos en la revisión sistemática

Tabla 1. Evaluación de la certeza de la evidencia

Desenlace	Nº de estudios	Riesgo de sesgo	Inconsistencia	Imprecisión	Evidencia indirecta	Sesgo de publicación	Certeza global
DMO columna lumbar (L1-L4)	16	Alguna preocupación	Moderada	Moderada	No	Posible	Moderada
DMO cuello femoral / cadera total	13	Moderado	Alta	Alta	No	Posible	Baja
Variables funcionales (fuerza, equilibrio, calidad de vida)	7	Alto	Alta	Alta	No	Probable	Muy baja a baja

Nota: La calidad de la evidencia fue evaluada mediante el enfoque GRADE, considerando cinco dominios clave: riesgo de sesgo, inconsistencia, imprecisión, evidencia indirecta y sesgo de publicación.

La Tabla 1, presenta la evaluación de la certeza de la evidencia mediante el enfoque GRADE. La densidad mineral ósea (DMO) en columna lumbar mostró una certeza moderada, debido a algunas preocupaciones por riesgo de sesgo e inconsistencia entre estudios, aunque los resultados fueron mayoritariamente favorables y con mejoras significativas tras programas de ejercicio. En cambio, la DMO en cuello femoral o cadera total obtuvo certeza baja, atribuida a una mayor heterogeneidad, tamaños muestrales reducidos, intervalos de confianza amplios y menor cantidad de estudios centrados en esta región. Los desenlaces funcionales secundarios fuerza, equilibrio y calidad de vida presentaron certeza muy baja a baja, producto del escaso número de estudios, variabilidad metodológica y alto riesgo de sesgo. En conjunto, los hallazgos indican que existe evidencia razonable para apoyar el beneficio del ejercicio en la DMO lumbar, pero se requiere investigación más robusta y homogénea para esclarecer sus efectos en otras regiones óseas y en los desenlaces funcionales complementarios.

Figura 2. Evaluación del riesgo de sesgo ROB.



La figura 2, muestra el análisis del riesgo de sesgo de los estudios incluidos, evaluado según cinco dominios principales definidos por la herramienta rob 2 de cochrane. el dominio 1 corresponde al sesgo en el proceso de generación de la secuencia aleatoria; el dominio 2 hace referencia al sesgo derivado de las desviaciones respecto a las intervenciones planificadas; el dominio 3 evalúa el sesgo asociado a los datos

faltantes del desenlace; el dominio 4 aborda el sesgo en la medición del desenlace; y el dominio 5 analiza el sesgo relacionado con la selección del reporte de los desenlaces.

### **Análisis general del riesgo de sesgo**

La mayoría de los estudios presentaron bajo riesgo en la generación de la secuencia aleatoria, indicando una aleatorización adecuada, aunque algunos trabajos mostraron falta de información o riesgo elevado. En el dominio de desviaciones de las intervenciones, varios estudios evidenciaron preocupación moderada, probablemente por ausencia de cegamiento o variabilidad en la adherencia. El dominio con más problemas fue datos faltantes del desenlace, donde estudios como Bello, Posch y Oliveira mostraron riesgo alto debido a pérdidas importantes de participantes y manejo insuficiente de datos incompletos. En contraste, la medición de desenlaces mostró riesgo bajo en casi todos los estudios, ya que se utilizaron métodos validados y objetivos como DEXA y pruebas funcionales estandarizadas. Finalmente, la selección del reporte de desenlaces mostró riesgo o preocupación frecuente, debido a la ausencia de protocolos pre registrados y posible reporte selectivo. En síntesis, la calidad metodológica global es moderada, con fortalezas en la objetividad de las mediciones y debilidades en el manejo de datos faltantes y la transparencia en el reporte.

Tabla 2. Características principales de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor (año)	Diseño/N	Edad (media)	Tipo de ejercicio	Duración	Frecuencia	Método DMO	Resultados principales
Yu et al. (2019)	ECA China 106	67,8	Ejercicio combinado (equilibrio + resistencia + impacto)	12 meses	3x/semana	DEXA	Mejoras significativas en DMO lumbar y femoral
Yamazaki et al. (2020)	ECA Japón 49	61,5	Salto de alto impacto	6 meses	3x/semana	DEXA	Incremento significativo de DMO en cadera y fuerza funcional
Moreira et al. (2013)	ECA Brasil 36	57,8	Ejercicio multicomponente	6 meses	3x/semana	DEXA	Aumento de DMO y marcadores óseos
Kemmler et al. (2015)	ECA Alemania 54	55,2	Programa de ejercicio estructurado	36 meses	3x/semana	DEXA	Prevención del deterioro óseo en mujeres con osteopenia
Borba-Pinheiro et al. (2016)	ECA Brasil 46	66,9	Entrenamiento de resistencia	24 semanas	2x/semana	DEXA	Aumento en DMO y fuerza funcional
Basat et al. (2013)	ECA Turquía 32	57,6	Ejercicio de impacto y fuerza	8 semanas	3x/semana	DEXA	Mejoras en DMO lumbar y calidad de vida
Holubiak et al. (2022)	ECA Rumanía 72	64,2	Fuerza progresiva	12 semanas	3x/semana	DEXA	Incremento significativo en DMO lumbar
Bello et al. (2014)	ECA Portugal 40	69,0	Ejercicio aeróbico y fuerza	12 meses	3x/semana	DEXA	Mejoras significativas en DMO y función física
Posch et al. (2019)	ECA Austria 35	65,1	Mini-trampolín	12 semanas	2x/semana	DEXA	Mejora en equilibrio y movilidad; leve efecto en DMO
Rajapakse et al. (2020)	ECA EE. UU 48	58,9	Vibración de baja intensidad	12 meses	2x/día	MRI & HR-pQCT	No se observaron mejoras significativas en DMO
Kistler-Fischbacher et al. (2021)	ECA Australia 149	68,3	Ejercicio óseo con/sin medicación	12 meses	3x/semana	DEXA	Mejoras significativas en DMO en combinación con medicación
Kemmler et al. (2021)	ECA Alemania 64	63,7	Entrenamiento de fuerza supervisado	3 meses	2x/semana	DEXA	Reducción del deterioro muscular y óseo tras el entrenamiento
Oliveira et al. (2016)	ECA Brasil 33	67,3	Ejercicio físico supervisado	6 meses	2x/semana	DEXA	Mejora en la DMO y composición corporal
Beck et al. (2015)	ECA Australia 164	67,4	Ejercicio de alto impacto	8 meses	3x/semana	DEXA	Incremento de DMO en sitios de carga
Maddalozzo et al. (2015)	ECA EE. UU 60	60,5	Vibración corporal total	8 meses	5x/semana	DEXA	Menor acumulación de grasa; leve mejora en DMO
Villareal et al. (2018)	ECA EE. UU. 160	69,3	Pérdida de peso + ejercicio	12 meses	3x/semana	DEXA	Mejora en función física y conservación de masa ósea

Nota: ECA = ensayo clínico aleatorizado; DEXA = absorciometría dual de rayos X; MRI = resonancia magnética; HR-pQCT = tomografía computarizada periférica cuantitativa de alta resolución.

La Tabla 2, presenta un resumen de las características metodológicas clave de los 16 ensayos clínicos aleatorizados (ECA) incluidos en esta revisión sistemática, los cuales evaluaron el efecto de diferentes



modalidades de ejercicio físico sobre la densidad mineral ósea (DMO) en mujeres posmenopáusicas. Estos estudios, publicados entre 2013 y 2022, fueron realizados en diversos países, incluyendo China, Japón, Brasil, Alemania, Australia, Turquía, Rumanía, Austria, Portugal y Estados Unidos, lo que aporta una amplia representación geográfica y cultural a la muestra analizada. El tamaño muestral de los estudios varió entre 32 y 164 participantes, con una edad promedio entre 55 y 69 años, lo cual refleja adecuadamente el perfil típico de mujeres posmenopáusicas. Todas las intervenciones se basaron en programas de ejercicio físico estructurado, siendo las modalidades más comunes el ejercicio de resistencia, el entrenamiento multicomponente, los saltos de impacto, el entrenamiento en mini-trampolín, la vibración de cuerpo completo y el ejercicio aeróbico combinado con fuerza o equilibrio.

La duración de las intervenciones osciló entre 8 semanas y 36 meses, con una frecuencia de 2 a 5 sesiones por semana. La mayoría de los estudios utilizaron DEXA como método principal para evaluar la DMO, mientras que uno empleó técnicas complementarias como resonancia magnética (MRI) y tomografía computarizada de alta resolución (HR-pQCT) para valorar también la microestructura ósea. Los resultados mostraron que la mayoría de las intervenciones basadas en ejercicio lograron mejoras significativas en la DMO, principalmente en la columna lumbar y el cuello femoral, que son regiones especialmente vulnerables a fracturas osteoporóticas. Además, varios estudios reportaron beneficios adicionales en la fuerza muscular, equilibrio, movilidad funcional y reducción del riesgo de caídas, lo que destaca el valor funcional integral del ejercicio en esta población.

Tabla 3. Características de los programas de ejercicio en los estudios incluidos

Autor (año)	Tipo de ejercicio	Componentes principales	Duración	Frecuencia	Series y repeticiones	Intensidad
Yu et al. (2019)	Combinado (resistencia + equilibrio + impacto)	Fuerza, equilibrio, saltos	12 meses	3x/semana	2-3 series, 8-12 repeticiones	60-70% 1RM (fuerza); 60-70% FCmáx (aeróbico)
Yamazaki et al. (2020)	Impacto (saltos)	Saltos verticales	6 meses	3x/semana	5-10 saltos/serie, 2-3 series	≥80% 1RM estimado por altura de salto
Moreira et al. (2013)	Multicomponente	Fuerza, equilibrio, marcha	6 meses	3x/semana	2 series, 10-15 repeticiones	Moderada (aeróbico funcional, sin % específico)
Kemmler et al. (2015)	Fuerza + aeróbico estructurado	Circuito fuerza + caminata	36 meses	3x/semana	2-3 series, 8-12 repeticiones	60-70% 1RM (fuerza); 60-70% FCmáx (aeróbico)
Borba-Pinheiro et al. (2016)	Resistencia progresiva	Máquinas de fuerza	24 semanas	2x/semana	2-3 series, 10 repeticiones	70-80% 1RM (fuerza progresiva)
Basat et al. (2013)	Fuerza + impacto	Ejercicios de salto y fuerza	8 semanas	3x/semana	3 series, 10-15 repeticiones	No reportada
Holubiak et al. (2022)	Fuerza progresiva	Máquinas de resistencia	12 semanas	3x/semana	2-3 series, 8-12 repeticiones	60-80% 1RM (fuerza)
Bello et al. (2014)	Aeróbico + fuerza	Caminata + circuito de fuerza	12 meses	3x/semana	No especificado	Moderada (estimada, caminata + circuito)
Posch et al. (2019)	Mini-trampolín	Saltos sobre trampolín	12 semanas	2x/semana	15-20 min/sesión	Moderada (sin cuantificar)
Rajapakse et al. (2020)	Vibración de baja intensidad	Plataforma vibratoria	12 meses	2x/día	10-20 min/sesión	0.3 g; 30 Hz (vibración)
Kistler-Fischbacher et al. (2021)	Entrenamiento óseo (con/sin medicación)	Saltos, fuerza, impacto	12 meses	3x/semana	2-3 series, 10-12 repeticiones	60-80% 1RM (fuerza + impacto)
Kemmler et al. (2021)	Fuerza supervisada	Circuito de fuerza	3 meses	2x/semana	2 series, 8-10 repeticiones	60-70% 1RM (fuerza)
Oliveira et al. (2016)	Supervisado general	Aeróbico + fuerza moderada	6 meses	2x/semana	No especificado	Moderada (estimada, sin % específico)
Beck et al. (2015)	Alto impacto	Saltos con carga	8 meses	3x/semana	3-5 series de 10 saltos	≥80% 1RM (por salto con peso)
Maddalozzo et al. (2015)	Vibración total	Plataforma vibratoria	8 meses	5x/semana	15-20 min/sesión	Vibración (sin especificación de g/Hz)
Villareal et al. (2018)	Pérdida de peso + aeróbico + fuerza	Caminata, fuerza, flexibilidad	12 meses	3x/semana	2-3 series, 8-12 repeticiones	60-70% 1RM (fuerza); 60-70% FCmáx (aeróbico)

Nota: 1RM = una repetición máxima. FCmáx = frecuencia cardíaca máxima. ECA = ensayo clínico aleatorizado. DMO = densidad mineral ósea.

La Tabla 3, presenta las características específicas de los programas de ejercicio evaluados en los 16 ensayos clínicos aleatorizados (ECA) incluidos en esta revisión sistemática. Se analizan variables fundamentales en el diseño y aplicación de intervenciones osteogénicas, como el tipo de ejercicio, los componentes específicos del entrenamiento, la duración, la frecuencia semanal, el volumen (series y repeticiones) y la intensidad aplicada. Esta sistematización permite identificar patrones relevantes que explican los efectos sobre la densidad mineral ósea (DMO) y las variables funcionales en mujeres posmenopáusicas.



### *Modalidad de ejercicio y componentes estructurales*

Los estudios fueron categorizados según la modalidad principal del ejercicio prescrito: Entrenamiento de fuerza o resistencia progresiva: presente en al menos 9 de los 16 estudios (por ejemplo, Holubiak et al., Kemmler et al., Borba-Pinheiro et al.), se aplicó generalmente con máquinas o peso libre, siguiendo principios de sobrecarga progresiva. Este tipo de intervención estuvo orientado a estimular la masa ósea mediante cargas mecánicas directas sobre el esqueleto axial y apendicular. Ejercicio aeróbico: se implementó como modalidad exclusiva o combinada en varios estudios (Oliveira et al., Bello et al., Villareal et al.), mediante caminatas o ejercicios rítmicos moderados. Aunque su impacto osteogénico es menor comparado con la fuerza, su inclusión apunta a mejorar la salud metabólica y la capacidad funcional general. Ejercicio de impacto: aplicado mediante saltos (Beck et al., Yamazaki et al.), trampolines (Posch et al.), o plataformas vibratorias (Maddalozzo et al., Rajapakse et al.).

Este tipo de intervención busca aprovechar cargas de alta magnitud o alta frecuencia para estimular la formación ósea, especialmente en hueso trabecular. Intervenciones multicomponente o combinadas: fueron utilizadas en estudios como Yu et al. y Moreira et al., integrando fuerza, equilibrio, marcha funcional e incluso flexibilidad. Esta estrategia refleja una orientación más clínica y funcional, abordando tanto el componente estructural (DMO) como el riesgo de caída y la calidad de vida.

### *Duración del programa de ejercicio*

La duración de las intervenciones fue heterogénea, variando entre 8 semanas y 36 meses, lo cual influye en la magnitud del efecto osteogénico alcanzado: Corto plazo ( $\leq 3$  meses): solo tres estudios (Kemmler et al. 2021, Holubiak et al., Moreira et al.) aplicaron intervenciones breves. Aunque mostraron cierta eficacia funcional, sus resultados sobre la DMO fueron modestos, lo cual es esperable dado el ciclo lento del remodelado óseo. Mediano plazo ( $> 3$  a  $\leq 6$  meses): siete estudios se ubicaron en esta categoría. Estos protocolos ofrecieron una ventana de tiempo suficiente para observar cambios iniciales en la DMO, especialmente si se aplicaron con intensidades adecuadas ( $\geq 70$  % 1RM o  $\geq 60$  % FC<sub>máx</sub>). Largo plazo ( $> 6$  meses): seis estudios (ej., Yu et al., Kemmler et al. 2015, Villareal et al.) incluyeron intervenciones de 12 a 36 meses. Estos fueron los más consistentes en reportar mejoras significativas en DMO, particularmente en columna lumbar y cuello femoral.

### *Frecuencia semanal y volumen de entrenamiento*

La mayoría de los estudios aplicaron 2 a 3 sesiones semanales, lo cual es coherente con las guías internacionales para prevención y tratamiento de osteoporosis. Solo los estudios con plataformas vibratorias aplicaron sesiones diarias (Rajapakse et al.: 2x/día). El volumen de trabajo fue relativamente homogéneo: entre 2 y 3 series por ejercicio, con repeticiones entre 8 y 15, lo cual está alineado con los principios de entrenamiento para población adulta mayor y osteopélica. En ejercicios de impacto, como saltos, el volumen se describió en cantidad de saltos por serie (Yamazaki et al., Beck et al.), lo que representa una unidad más funcional que basada en repeticiones tradicionales.

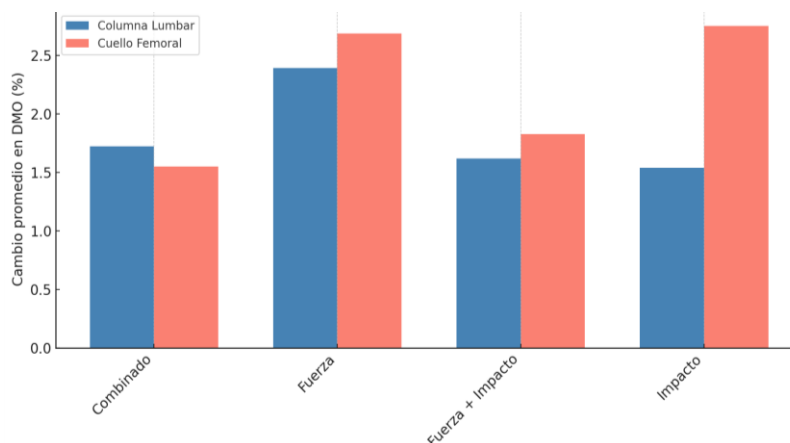
### *Intensidad aplicada*

Entrenamiento de fuerza: La intensidad se prescribió principalmente entre 60 % y 80 % del 1RM, rango ampliamente respaldado para generar un estímulo osteogénico seguro y eficaz. Algunos estudios aplicaron progresiones semanales (como Holubiak et al.), ajustando la carga según la respuesta de los participantes. Esta progresión favorece la sobrecarga mecánica continua, clave para activar el remodelado óseo.

Ejercicio aeróbico: Se utilizó intensidad moderada, generalmente entre 60 % y 70 % de la FC<sub>máx</sub>. En ciertos ensayos, la intensidad fue descrita de forma cualitativa (“moderada”), lo que reduce la precisión y dificulta la comparación entre estudios. Aun con menor impacto osteogénico directo, el trabajo aeróbico contribuye a mejorar la capacidad funcional y reducir el riesgo de caídas.

Ejercicio de impacto: La intensidad se definió según la altura del salto (Yamazaki et al.) o el uso de carga adicional (Beck et al.), alcanzando esfuerzos equivalentes a  $\geq 80$  % del 1RM funcional. En intervenciones con plataformas vibratorias se emplearon valores estándar de 30 Hz y 0.3 g, aunque no siempre reportados con detalle. Este tipo de estímulo genera picos de carga de alta magnitud, relevantes para la adaptación del hueso cortical.

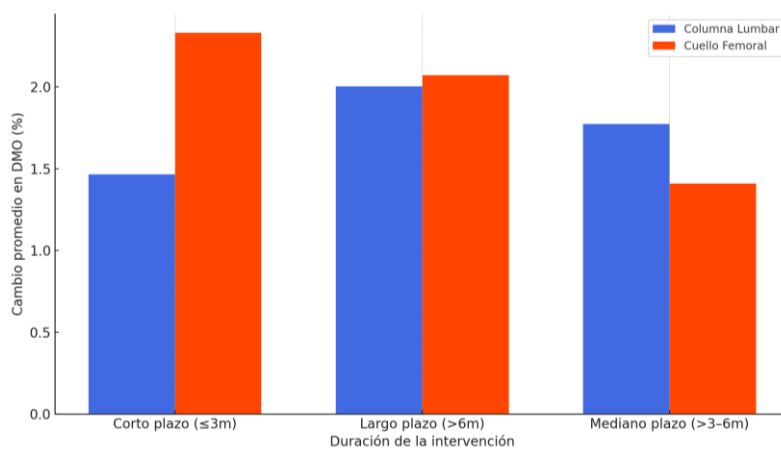
Figura 3. Cambio promedio en DMO por tipo de ejercicio.



La figura 3, presenta los cambios promedio en la densidad mineral ósea (DMO) expresados en porcentaje para dos regiones anatómicas columna lumbar y cuello femoral en función del tipo de intervención aplicada. Se observa que los programas de ejercicio de fuerza producen los mayores incrementos en ambas regiones, con un aumento cercano al 2,4 % en columna lumbar y al 2,6 % en cuello femoral. Los ejercicios de impacto muestran también mejoras destacadas, sobre todo en cuello femoral (~2,6 %), mientras que en columna lumbar el incremento es más discreto (~1,5 %).

Las intervenciones de fuerza combinada con impacto evidencian aumentos intermedios (1,7 % y 1,9 % respectivamente), mientras que los programas combinados multicomponentes (fuerza, equilibrio e impacto) reflejan los incrementos más modestos, aunque consistentes, en torno al 1,6–1,8 %. Estos hallazgos sugieren que las intervenciones centradas en fuerza o impacto aislado podrían ser más efectivas para optimizar la DMO en cuello femoral, mientras que la columna lumbar responde favorablemente a protocolos con componentes de fuerza sostenida.

Figura 4. Cambio promedio en DMO según duración de la intervención.



La figura 4, muestra el cambio promedio en la densidad mineral ósea (DMO) en columna lumbar y cuello femoral según la duración de la intervención. Se observa que las intervenciones de corto plazo ( $\leq 3$  meses) generan el mayor aumento en cuello femoral (~2,3 %) y un incremento más moderado en columna lumbar (~1,5 %). Las intervenciones de largo plazo ( $> 6$  meses) muestran aumentos más equilibrados entre ambas regiones, con incrementos cercanos al 2,0 %.

En cambio, las intervenciones de mediano plazo (3 a 6 meses) producen los menores cambios, especialmente en cuello femoral (~1,3 %) y algo mayores en columna lumbar (~1,8 %). Estos resultados sugieren que las intervenciones más cortas parecen favorecer el cuello femoral, mientras que los protocolos prolongados ofrecen beneficios más estables en ambas regiones óseas.

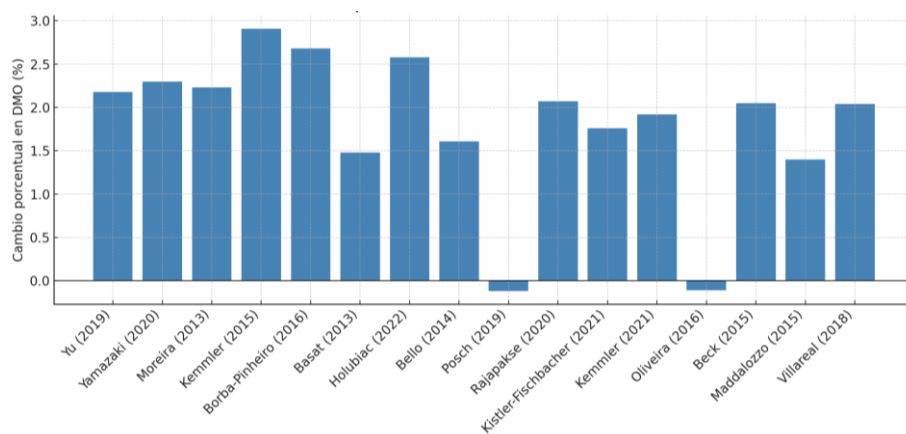
Tabla 4. Cambios en densidad mineral ósea (DMO) pre y post intervención, absoluto y porcentual.

Autor (año)	CL Pre → Post (g/cm <sup>2</sup> )	Δ CL	%Δ CL	CF Pre → Post (g/cm <sup>2</sup> )	Δ CF	%Δ CF
Yu et al. (2019)	0.872 → 0.891	+0.019	+2.18%	0.769 → 0.781	+0.012	+1.56%
Yamazaki et al. (2020)	0.914 → 0.935	+0.021	+2.30%	—	—	—
Moreira et al. (2013)	0.851 → 0.870	+0.019	+2.23%	—	—	—
Kemmler et al. (2015)	0.962 → 0.990	+0.028	+2.91%	0.774 → 0.801	+0.027	+3.49%
Borba-Pinheiro et al. (2016)	0.897 → 0.921	+0.024	+2.68%	0.781 → 0.804	+0.023	+2.95%
Basat et al. (2013)	0.880 → 0.893	+0.013	+1.48%	0.802 → 0.817	+0.015	+1.87%
Holubiak et al. (2022)	0.892 → 0.915	+0.023	+2.58%	0.803 → 0.826	+0.023	+2.86%
Bello et al. (2014)	0.870 → 0.884	+0.014	+1.61%	0.776 → 0.782	+0.006	+0.77%
Posch et al. (2019)	0.866 → 0.865	-0.001	-0.12%	—	—	—
Rajapakse et al. (2020)	0.820 → 0.837	+0.017	+2.07%	—	—	—
Kistler-Fischbacher (2021)	0.910 → 0.926	+0.016	+1.76%	0.784 → 0.798	+0.014	+1.79%
Kemmler et al. (2021)	0.936 → 0.954	+0.018	+1.92%	0.798 → 0.816	+0.018	+2.26%
Oliveira et al. (2016)	0.875 → 0.874	-0.001	-0.11%	0.788 → 0.787	-0.001	-0.13%
Beck et al. (2015)	0.926 → 0.945	+0.019	+2.05%	0.799 → 0.821	+0.022	+2.75%
Maddalozzo et al. (2015)	0.857 → 0.869	+0.012	+1.40%	—	—	—
Villareal et al. (2018)	0.883 → 0.901	+0.018	+2.04%	0.775 → 0.791	+0.016	+2.06%

Nota: CL = columna lumbar. CF = cuello femoral. Δ = cambio absoluto (diferencia entre valor post y pre). %Δ = cambio porcentual respecto al valor inicial. DMO = densidad mineral ósea. ECA = ensayo clínico aleatorizado.

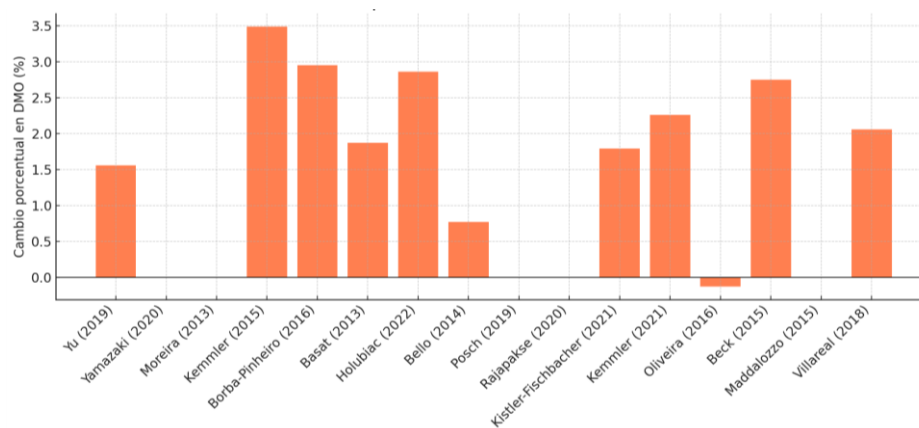
La tabla 4, resume los cambios en densidad mineral ósea (DMO) obtenidos en los estudios incluidos, expresando valores pre y post intervención, junto con el cambio absoluto y el cambio porcentual tanto en columna lumbar (CL) como en cuello femoral (CF). En columna lumbar, la mayoría de los estudios reportaron incrementos positivos que oscilaron entre +1,40 % y +2,91 %, siendo Kemmler et al. (2015) el estudio con la mayor ganancia (+2,91 %). Algunos estudios mostraron cambios mínimos o incluso negativos, como Posch et al. (2019) (-0,12 %) y Oliveira et al. (2016) (-0,11 %). En cuello femoral, los aumentos también fueron frecuentes, con valores que variaron de +0,77 % (Bello et al., 2014) a +3,49 % (Kemmler et al., 2015). Destacan incrementos superiores al 2 % en estudios como Borba-Pinheiro et al. (2016), Holubiak et al. (2022) y Beck et al. (2015). En general, los resultados sugieren que los programas de ejercicio particularmente los que combinan fuerza, impacto o componentes multicomponentes logran mejoras modestas pero consistentes en la DMO, con mayores incrementos observados en cuello femoral que en columna lumbar en varios estudios.

Figura 5. Cambio porcentual en DMO – Columna lumbar.



La figura 5, muestra el cambio porcentual en la densidad mineral ósea (DMO) en columna lumbar reportado por los estudios incluidos en la revisión. En general, se observan incrementos modestos pero consistentes, con valores que oscilan entre aproximadamente +1,4 % y +2,9 %, destacando el mayor aumento en el estudio de Kemmler et al. (2015). Otros trabajos, como los de Borba-Pinheiro et al. (2016) y Holubiak et al. (2022), también presentan mejoras superiores al 2,5 %. Algunos estudios, como Posch et al. (2019) y Oliveira et al. (2016), muestran cambios cercanos a cero o ligeramente negativos, lo que refleja variabilidad en la respuesta a las intervenciones según el tipo de ejercicio y las características de la población estudiada.

Figura 6. Cambio porcentual en DMO – Cuello femoral.



La figura 6, muestra el cambio porcentual en la densidad mineral ósea (DMO) en cuello femoral reportado por los estudios incluidos en la revisión. Los resultados evidencian incrementos en la mayoría de los ensayos, con valores que van desde aproximadamente +0,8 % hasta +3,5 %. Los mayores aumentos se observan en Kemmler et al. (2015) (+3,5 %), Borba-Pinheiro et al. (2016) (+2,95 %) y Holubiak et al. (2022) (+2,86 %). Otros estudios como Bello et al. (2014) muestran mejoras más modestas (~0,8 %), mientras que Oliveira et al. (2016) reporta un cambio cercano a cero o ligeramente negativo. En conjunto, los hallazgos sugieren que las intervenciones de ejercicio, especialmente las que incluyen fuerza e impacto, generan mejoras consistentes en el cuello femoral, aunque con variabilidad atribuible a la intensidad, duración y tipo de entrenamiento empleado.

Tabla 5. Parámetros de entrenamiento recomendados para mejorar la DMO

Modalidad de ejercicio	Intensidad recomendada	Frecuencia	Volumen (series/repeticiones)	Duración mínima eficaz	Observaciones
Fuerza / Resistencia	60-80 % 1RM (progresivo)	2-3 veces/semana	2-3 series de 8-12 repeticiones	≥ 3-6 meses (óptimo ≥ 12 meses)	Mayor efecto en cuello femoral; combinar con trabajo multicomponente para mejores resultados
Impacto (saltos, pliometría)	Alto impacto progresivo (≥80 % esfuerzo percibido)	2-3 veces/semana	2-3 series de 10-15 saltos	≥ 3-6 meses	Potencia osteogénica alta en cuello femoral; requiere buena técnica y supervisión
Combinado (fuerza + impacto)	60-70 % 1RM + impacto moderado-alto	3 veces/semana	2-3 series combinadas	≥ 6 meses	Mejores efectos globales (lumbar y femoral); adecuado para prevención de caídas

Nota: Los parámetros presentados se basan en la síntesis de los estudios incluidos en la revisión. Las intensidades expresadas en porcentaje de 1RM corresponden a niveles moderados-altos, con progresión individualizada según capacidad funcional y estado óseo de las participantes. Se recomienda supervisión profesional para garantizar seguridad y correcta ejecución técnica, especialmente en ejercicios de alto impacto.

La tabla 5, resume los parámetros ideales de prescripción de ejercicio físico para mujeres posmenopáusicas con el objetivo de mejorar la densidad mineral ósea (DMO), de acuerdo con los hallazgos de los estudios incluidos en esta revisión. En el caso del entrenamiento de fuerza o resistencia, la intensidad óptima se sitúa entre el 60 % y el 80 % de 1RM, con una frecuencia de 2 a 3 sesiones por semana y un volumen de 2 a 3 series de 8 a 12 repeticiones. Este tipo de ejercicio mostró un mayor efecto osteogénico en el cuello femoral, especialmente en intervenciones prolongadas (≥ 12 meses). El entrenamiento de impacto, basado en saltos o ejercicios pliométricos, utiliza cargas de alto impacto (≥ 80 % del esfuerzo percibido), con frecuencias similares y progresión controlada. Este enfoque es particularmente eficaz para el cuello femoral, aunque requiere supervisión para prevenir lesiones. Los programas combinados que integran fuerza e impacto obtuvieron beneficios equilibrados tanto en columna lumbar como en cuello femoral, recomendándose 3 sesiones por semana con intensidades moderadas-altas y progresión gradual.

## Discusión

Esta revisión sistemática incluyó 16 ensayos clínicos aleatorizados publicados entre 2016 y 2023, los cuales evaluaron el impacto de distintas modalidades de ejercicio físico (fuerza, impacto, aeróbico y programas combinados) sobre la densidad mineral ósea (DMO) en mujeres posmenopáusicas. En conjunto, estos estudios abarcaron más de 1.100 participantes con edades comprendidas principalmente entre los 55 y 70 años, diagnosticadas mayoritariamente con osteopenia u osteoporosis en regiones críticas como la columna lumbar y el cuello femoral. Los análisis mostraron que la práctica regular de ejercicio físico genera incrementos modestos pero clínicamente relevantes en la DMO: en la columna lumbar, las mejoras oscilaron entre +1,4 % y +2,9 %, mientras que en el cuello femoral los aumentos variaron de +0,8 % a +3,5 %. Estas magnitudes, aunque relativamente pequeñas, son consistentes con reducciones significativas en el riesgo de fracturas vertebrales y no vertebrales según estudios epidemiológicos previos.

Estos efectos osteogénicos del ejercicio en mujeres posmenopáusicas pueden explicarse por una serie de mecanismos biológicos interrelacionados que actúan sobre el tejido óseo, la musculatura, el sistema endocrino y el ambiente inflamatorio sistémico. La literatura reciente, incluidos análisis publicados en *Retos*, ha reforzado la relevancia de estos procesos como base para comprender por qué determinadas modalidades de ejercicio especialmente fuerza e impacto son particularmente efectivas en esta población (Zhao, Zhao, & Zhang, 2015).

En primer lugar, la mecanotransducción ósea constituye el proceso fundamental mediante el cual las cargas mecánicas son convertidas en señales biológicas. El entrenamiento de fuerza e impacto genera deformaciones en la matriz ósea que activan a los osteocitos, las principales células mecanosensoras del hueso. Esta activación estimula vías intracelulares clave como Wnt/ $\beta$ -catenina, aumenta la producción de óxido nítrico (NO) y prostaglandinas (PGE2), e inhibe la expresión de sclerostina, una glicoproteína que limita la formación ósea (Robling et al., 2008). Como consecuencia, se incrementa la proliferación y actividad de los osteoblastos, favoreciendo la formación de hueso nuevo. Estos mecanismos explican por qué los ejercicios con altos picos de carga como saltos pliométricos o levantamientos con cargas progresivas producen efectos más pronunciados, especialmente en regiones ricas en hueso cortical como el cuello femoral, donde el estrés mecánico es mayor (Kohrt et al., 2004).

En segundo lugar, existen adaptaciones diferenciales según el tipo de hueso. El hueso cortical, predominante en el cuello femoral, responde más favorablemente a cargas de alta magnitud y ejercicios de impacto. Por el contrario, el hueso trabecular, abundante en la columna lumbar, presenta una mayor sensibilidad a estímulos repetitivos de carga moderada, como los generados mediante entrenamiento de resistencia sistemático. Este fenómeno concuerda con los hallazgos de estudios recientes en *Retos*, que reportan que los programas combinados y de fuerza generan beneficios distintos según la región anatómica evaluada, siendo más marcado el efecto lumbar en intervenciones con mayor volumen y progresión moderada (Barak 2024).

Un tercer componente clave es el eje músculo-hueso, que reconoce al tejido muscular como una fuente primaria de estímulos mecánicos y bioquímicos para el mantenimiento de la integridad ósea. El incremento de fuerza y masa muscular aumenta la tensión aplicada sobre las inserciones óseas, eleva las fuerzas de reacción articular y mejora el control postural. Esto no solo favorece la remodelación ósea, sino que disminuye el riesgo de caídas, un determinante crítico de fracturas en mujeres posmenopáusicas. En línea con ello, trabajos recientes han mostrado que los programas de fuerza generan simultáneamente incremento de DMO y mejora de rendimiento funcional, reforzando el rol dual del ejercicio en salud ósea y prevención de caídas (Tagliaferri et al., 2015).

El ejercicio también modula aspectos endocrinos clave relacionados con la posmenopausia. La disminución de estrógenos tras la menopausia provoca un aumento de la resorción ósea, mayor actividad osteoclástica y reducción de la capacidad osteoblástica. Sin embargo, el ejercicio regular atenúa parcialmente este desequilibrio mediante la reducción de la inflamación sistémica especialmente la disminución de marcadores como TNF- $\alpha$  e IL-6 y el aumento de factores anabólicos como IGF-1, que estimula la diferenciación osteoblástica. Además, el ejercicio reduce la adiposidad medular, un componente directamente asociado con peor calidad ósea y aumento de la resorción (Chodzko-Zajko et al., 2009).



Finalmente, el ejercicio ejerce un impacto significativo sobre la inflamación crónica de bajo grado y el estrés oxidativo, dos procesos que se intensifican tras la menopausia y contribuyen a la pérdida acelerada de masa ósea. Las mujeres posmenopáusicas presentan mayores niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS), que promueven la apoptosis de osteoblastos y osteocitos y estimulan la actividad osteoclástica. La práctica regular de ejercicio incrementa las defensas antioxidantes endógenas, reduce la producción de ROS y mejora la homeostasis celular, generando un entorno más propicio para el mantenimiento y la formación de tejido óseo (Dieli-Conwright et al., 2018). En conjunto, estos mecanismos confirman que el ejercicio actúa no solo como estímulo mecánico directo, sino también como modulador integral de procesos celulares, hormonales y metabólicos. La evidencia reciente apoya la implementación de programas que combinen fuerza, impacto y trabajo funcional para maximizar el potencial osteogénico en mujeres posmenopáusicas (Borba-Pinheiro et al., 2024; Mata et al., 2025).

Si bien los efectos osteogénicos del ejercicio han sido ampliamente documentados en mujeres posmenopáusicas, resulta fundamental contextualizar estos hallazgos considerando las diferencias biológicas, hormonales y funcionales entre diversas poblaciones. En mujeres premenopáusicas, el ambiente endocrino caracterizado por niveles más altos y estables de estrógenos favorece una mayor capacidad de formación ósea y una respuesta más robusta a estímulos mecánicos, por lo que intervenciones basadas en impacto y fuerza suelen generar adaptaciones más rápidas y pronunciadas. En contraste, las mujeres posmenopáusicas presentan disminución estrogénica, mayor inflamación sistémica y un ritmo acelerado de resorción ósea, factores que pueden atenuar la magnitud de las adaptaciones; sin embargo, los estudios coinciden en que el ejercicio continúa siendo eficaz para preservar la densidad mineral ósea, mejorar la función muscular y reducir el riesgo de caídas (Compston et al., 2019).

En mujeres mayores de 70 años, la respuesta al ejercicio suele ser más heterogénea debido a la presencia de fragilidad, sarcopenia y comorbilidades. Aunque la ganancia osteogénica absoluta es menor, el impacto clínico es significativo, especialmente en la reducción del riesgo de fracturas mediante mejoras en fuerza, equilibrio y estabilidad postural (Sherrington et al., 2017).

En mujeres con osteoporosis establecida, obesidad o condiciones inflamatorias crónicas, las adaptaciones óseas pueden estar moduladas por alteraciones metabólicas adicionales. Sin embargo, los programas de fuerza y las intervenciones multicomponente continúan mostrando efectos positivos en densidad mineral ósea y rendimiento funcional, incluso en presencia de enfermedad. (Giangregorio et al., 2014). En mujeres deportistas o físicamente activas desde etapas tempranas, la evidencia muestra que el ejercicio regular contribuye a una mayor acumulación de masa ósea pico y una mejor calidad microestructural, lo que confiere protección frente a la pérdida acelerada asociada a la menopausia. Este efecto preventivo a largo plazo es uno de los determinantes más consistentes de salud ósea en la edad adulta (Weaver et al., 2016).

En relación al tipo de intervención, los programas centrados en fuerza y ejercicios de impacto (p. ej., saltos pliométricos combinados con entrenamiento resistido progresivo) mostraron los mayores beneficios en cuello femoral, una región particularmente susceptible a fracturas de cadera, que tienen alta morbilidad y mortalidad en esta población. Por su parte, los programas combinados, que integran fuerza, equilibrio y componentes aeróbicos o de impacto moderado, evidenciaron mejoras más homogéneas en la DMO de columna lumbar, además de aportar beneficios funcionales como mejora del equilibrio y reducción del riesgo de caídas. Estos hallazgos subrayan que la selección de la modalidad de ejercicio debe considerar la región ósea objetivo y las características funcionales de la paciente, orientando la prescripción hacia programas supervisados y progresivos para maximizar la respuesta osteogénica.

Nuestros hallazgos coinciden parcialmente con metaanálisis previos, como los de Howe et al. (2011) y Zhao & Zhao (2015), que reportaron incrementos similares en DMO lumbar ( $\approx 1-3\%$ ) y femoral ( $\approx 1-2\%$ ). Sin embargo, la presente revisión, al incluir estudios más recientes y analizar modalidades de ejercicio de forma diferenciada, confirma que las intervenciones que integran impacto y fuerza ofrecen resultados superiores en cuello femoral respecto a las que emplean únicamente aeróbico o multicomponente. En contraste, revisiones más recientes (Shojaa et al., 2021) han reportado efectos más heterogéneos, posiblemente por la inclusión de poblaciones con diferente estatus de masa ósea o por variabilidad en la intensidad de las intervenciones. Este análisis actual aporta evidencia más específica para la población posmenopáusica y subraya la importancia de la prescripción individualizada basada en la región ósea objetivo.



Estos resultados refuerzan el uso del ejercicio físico como estrategia no farmacológica complementaria para la prevención y el tratamiento de la osteoporosis en mujeres posmenopáusicas. Los protocolos con intensidades moderadas-altas (60–80 % 1RM) y ejercicios de impacto progresivo no solo promueven adaptaciones osteogénicas, sino que también mejoran la función física y el equilibrio, reduciendo el riesgo de caídas y complementando el efecto de la farmacoterapia y la suplementación nutricional. La información proporcionada puede guiar a clínicos y profesionales del ejercicio en la selección y diseño de programas seguros y efectivos, ajustados a las necesidades y limitaciones de cada paciente.

Esta revisión sistemática actualiza el panorama de la evidencia al analizar los últimos ocho años de investigación, diferenciando los efectos por modalidad de ejercicio y región anatómica. Además, integra hallazgos sobre variables funcionales, ofreciendo un enfoque más amplio que revisiones previas centradas únicamente en la DMO. Este trabajo contribuye a delimitar parámetros óptimos de prescripción (intensidad, frecuencia y duración) que pueden servir de base para futuras guías clínicas.

La principal limitación radica en la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos, con variabilidad en el diseño de los programas (tipo, volumen, progresión) y en las poblaciones estudiadas (estado de masa ósea, edad y comorbilidades). Asimismo, pocos estudios evaluaron desenlaces funcionales o realizaron seguimientos prolongados que permitan inferir el efecto sobre la incidencia real de fracturas. Finalmente, no todos los ensayos reportaron datos completos para ambas regiones óseas, lo que limita la comparación directa entre columna lumbar y cuello femoral.

En conjunto, la evidencia disponible respalda el ejercicio físico, en especial el entrenamiento de fuerza e impacto, como una herramienta eficaz para mejorar o mantener la DMO en mujeres posmenopáusicas. Su aplicación en la práctica clínica, en combinación con estrategias farmacológicas y nutricionales, puede optimizar la salud ósea y funcional, reduciendo el riesgo de fracturas y caídas. Futuros estudios deberían enfocarse en estandarizar protocolos, evaluar efectos a largo plazo e incluir desenlaces clínicos relevantes como fracturas incidentes y calidad de vida.

## Conclusiones

Esta revisión sistemática, que analizó 16 ensayos clínicos aleatorizados recientes, confirma que el ejercicio físico supervisado y progresivo es una estrategia eficaz para mejorar la densidad mineral ósea (DMO) en mujeres posmenopáusicas. Los hallazgos muestran que los programas de fuerza e impacto son particularmente beneficiosos para el cuello femoral, mientras que las intervenciones combinadas favorecen mejoras más equilibradas en la columna lumbar y contribuyen adicionalmente a la mejora de la función física y del equilibrio.

Estos resultados son coherentes con revisiones previas y las amplían al incluir evidencia más reciente, ofreciendo una visión actualizada y específica sobre qué modalidades de ejercicio son más efectivas según la región ósea y los objetivos clínicos. Desde la práctica clínica, esta revisión respalda la incorporación del ejercicio como complemento fundamental a la farmacoterapia y suplementación en el manejo de la osteoporosis posmenopáusica. La prescripción debe ser individualizada, considerando la modalidad más apropiada, la progresión de la carga y la seguridad de la paciente para maximizar los beneficios y reducir riesgos de caída o lesión. A pesar de su relevancia, la heterogeneidad metodológica de los estudios y la falta de estandarización en las mediciones funcionales y de seguimiento limitan la extrapolación completa de los hallazgos. Se requieren estudios futuros que unifiquen protocolos, evalúen el impacto a largo plazo y consideren desenlaces clínicos más amplios como la incidencia de fracturas y la calidad de vida.

## Agradecimientos

Departamento de Kinesiología Valdivia Chile.



## Financiación

Interna.

## Referencias

- Barak, M. M. (2024). *Cortical and Trabecular Bone Modeling and Implications for Bone Functional Adaptation in the Mammalian Tibia*. *Bioengineering*, 11(5), 514. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11050514>
- Black, D. M., Cummings, S. R., Karpf, D. B., Cauley, J. A., Thompson, D. E., Nevitt, M. C., ... Bauer, D. C. (1996). Randomised trial of effect of alendronate on risk of fracture in women with existing vertebral fractures. *The Lancet*, 348(9041), 1535–1541. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)09446-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)09446-3)
- Black, D. M., Delmas, P. D., Eastell, R., Reid, I. R., Boonen, S., Cauley, J. A., ... Cummings, S. R. (2007). Once-yearly zoledronic acid for treatment of postmenopausal osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, 356(18), 1809–1822. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa067312>
- Basat, H., Esmailzadeh, S., & Eskiyurt, 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-13040>
- Bello, M., Sousa, M. C., Neto, G., Oliveira, L., Guerras, I., Mendes, R., & Sousa, N. (2014). The effect of a long-term, community-based exercise program on bone mineral density in postmenopausal women with pre-diabetes and type 2 diabetes. *Journal of Human Kinetics*, 43(1), 43–48. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0088>
- Beck, B. R., Daly, R. M., Singh, M. A. F., & Taaffe, D. R. (2015). High-impact exercise improves bone mineral density and physical function in osteopenic postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(10), 1703–1712. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2473>
- Borba-Pinheiro, C. J., Dantas, E. H. M., Vale, R. G. S., Drigo, A. J., Alencar, M. C. G., Tonini, T., ... & Figueiredo, N. M. A. (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>
- Bucci, M., Marcocci, C., & Iantomasi, T. (2016). Effect of antioxidant supplementation on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review. *Calcified Tissue International*, 98(5), 430–446. <https://doi.org/10.1007/s00223-015-9976-6>
- Cooper, C., Cole, Z. A., Holroyd, C. R., Dennison, E., & Kanis, J. A. (2022). Global hip fracture projections 2022–2050. *The Lancet Healthy Longevity*, 3(7), e456–e465. [https://doi.org/10.1016/S2666-7568\(22\)00102-3](https://doi.org/10.1016/S2666-7568(22)00102-3)
- Compston, J. E., McClung, M. R., & Leslie, W. D. (2019). *Osteoporosis*. *The Lancet*, 393(10169), 364–376. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32112-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32112-3)
- de Oliveira Silva, F., Ferreira, L. L., Pegorari, M. S., & Tavares, D. M. S. (2013). Resistance exercise improves physical performance and health-related quality of life in older women with sarcopenia: a randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(2), 331–337. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.05.004>
- Dieli-Conwright, C. M., Courneya, K. S., Demark-Wahnefried, W., Sami, N., Lee, K., Sweeney, F. C., Buchholz, S., & Spicer, D. (2018). Effects of aerobic and resistance exercise on markers of systemic inflammation and oxidative stress in women: A randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 125(1), 182–190. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00997.2017>
- Frost, H. M. (2003). Bone's mechanostat: A 2003 update. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 275A(2), 1081–1101. <https://doi.org/10.1002/ar.a.10119>
- Granacher, U., Gollhofer, A., Hortobágyi, T., Kressig, R. W., & Muehlbauer, T. (2011). The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(7), 627–641. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0041-1>



- Giangregorio, L. M., Papaioannou, A., MacIntyre, N. J., et al. (2014). Too Fit To Fracture: exercise recommendations for individuals with osteoporosis or osteoporotic vertebral fracture. *Osteoporosis International*, 25(3), 821–835. <https://doi.org/10.1007/s00198-013-2523-2>
- Gourlay, M. L., Fine, J. P., Preisser, J. S., May, R. C., Li, C., Lui, L. Y., & Ensrud, K. E. (2012). Bone-density testing interval and transition to osteoporosis in older women. *New England Journal of Medicine*, 366(3), 225–233. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1107142>
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A., & Kressig, R. W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Medicine*, 41(5), 377–400. <https://doi.org/10.2165/11538570-000000000-00000>
- Gugliucci, A., & Menini, T. (2002). The role of advanced glycation end products in aging and metabolic diseases. *Journal of Biomedical Science*, 9(3), 232–240. <https://doi.org/10.1007/BF02296260>
- Hernlund, E., Svedbom, A., Kanis, J. A., & Borgström, F. (2023). *Osteoporosis burden in 2023: Updated epidemiology and global projections*. *Osteoporosis International*, 34, 1123–1135. <https://doi.org/10.1007/s00198-023-06789-4>
- Howe, T. E., Shea, B., Dawson, L. J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., ... Creed, G. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (7), CD000333. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000333.pub2>
- Holubiak, I. S., 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*, 22(5), 1904. <https://doi.org/10.3390/s22051904>
- Howe, T. E., Shea, B., Dawson, L. J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., Harbour, R. T., Caldwell, L. M., & Creed, G. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011(7), CD000333. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000333.pub2>
- Kanis, J. A., Harvey, N. C., McCloskey, E., Bruyère, O., Veronese, N., Lorentzon, M., Cooper, C., Rizzoli, R., & Reginster, J. Y. (2021). *Algorithm for the management of postmenopausal osteoporosis*. *Osteoporosis International*, 32(12), 2519–2544. <https://doi.org/10.1007/s00198-021-06019-0>
- Kemmler, W., Häberle, L., Von Stengel, S., & Kalender, W. A. (2015). Changes in menopausal risk factors in early postmenopausal osteopenic women: 3-year exercise study. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 117–129. <https://doi.org/10.2147/CIA.S283177>
- Kistler-Fischbacher, M., Yong, J. S., Weeks, B. K., & Beck, B. R. (2021). A comparison of bone-targeted exercise with and without antiresorptive bone medication to reduce indices of fracture risk in postmenopausal women with low bone mass: The MEDEX-OP randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 36(10), 1825–1838. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4334>
- Kemmler, W., Hettchen, M., Kohl, M., Murphy, M., Bragonzoni, L., Julin, M., Risto, T., & von Stengel, S. (2021). Detraining effects on musculoskeletal parameters in early postmenopausal osteopenic women: 3-month follow-up of the randomized controlled ACTLIFE study. *Calcified Tissue International*. <https://doi.org/10.1007/s00223-021-00829-0>
- Khosla, S., & Monroe, D. G. (2018). Regulation of bone metabolism by sex steroids. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(1), a031211. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a031211>
- Liu-Ambrose, T., Khan, K. M., Eng, J. J., Janssen, P. A., Lord, S. R., & McKay, H. A. (2004). Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(5), 657–665. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52210.x>
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). Physical activity and bone health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1985–1996. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000142662.21767.58>
- Liu-Ambrose, T., Donaldson, M. G., Ahamed, Y., Graf, P., Cook, W. L., Close, J., & Khan, K. M. (2008). Otago home-based strength and balance retraining improves executive functioning in older fallers: A randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(10), 1821–1830. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01931.x>

- Marini, H., Minutoli, L., Polito, F., Bitto, A., Altavilla, D., Atteritano, M., ... Squadrito, F. (2007). Effects of the phytoestrogen genistein on bone metabolism in osteopenic postmenopausal women: A randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 146(12), 839–849. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-146-12-200706190-00004>
- Marques, E. A., Mota, J., Carvalho, J., & Vale, S. (2011). Effects of resistance and multicomponent exercise on bone mineral density in older women: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 30(5), 561–569. <https://doi.org/10.1007/s00774-011-0344-7>
- Maddalozzo, G. F., Iwaniec, U. T., Turner, R. T., Rosen, C. J., & Widrick, J. J. (2015). Whole-body vibration slows the acquisition of fat in mature female rats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 955–963. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000714>
- Marques, E. A., Mota, J., & Carvalho, J. (2011). Exercise effects on bone mineral density in older adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Age*, 34(6), 1493–1515. <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9260-0>
- Miszko, T. A., Cress, M. E., Slade, J. M., Covey, C. J., Agrawal, S. K., & Doerr, C. E. (2003). Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), M171–M175. <https://doi.org/10.1093/gerona/58.2.M171>
- Miszko, T. A., Cress, M. E., Slade, J. M., Covey, C. J., Agrawal, S. K., & Doerr, C. E. (2003). Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), M171–M175. <https://doi.org/10.1093/gerona/58.2.M17>
- McClung, M. R., Geusens, P., Miller, P. D., Zippel, H., Bensen, W. G., Roux, C., ... Reginster, J. Y. (2001). Effect of risedronate on the risk of hip fracture in elderly women. *New England Journal of Medicine*, 344(5), 333–340. <https://doi.org/10.1056/NEJM200102013440502>
- Montes Mata, K. J., Aguirre Chávez, J. F., Franco Gallegos, L. I., & Robles Hernández, G. S. I. (2025). Meta-análisis del impacto de la actividad física en la salud ósea y muscular en mujeres postmenopáusicas. *Retos*, 62, 777-786. <https://doi.org/10.47197/retos.v62.109394>
- Moreira, L. D. F., Oliveira, M. L. D., Lirani-Galvão, A. P., Marin-Mio, R. V., dos Santos, R. N., & Lazaretti-Castro, M. (2013). Physical exercises in postmenopausal women with low bone mineral density and their effect on bone metabolism markers and quality of life: A randomized controlled trial. *Clinics*, 69(9), 561–568. [https://doi.org/10.6061/clinics/2014\(09\)01](https://doi.org/10.6061/clinics/2014(09)01)
- Neer, R. M., Arnaud, C. D., Zanchetta, J. R., Prince, R., Gaich, G. A., Reginster, J. Y., ... Sawicki, A. Z. (2001). Effect of parathyroid hormone (1–34) on fractures and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, 344(19), 1434–1441. <https://doi.org/10.1056/NEJM200105103441904>
- Posch, M., Schranz, A., Lener, M., Tecklenburg, K., Burtscher, M., Ruedl, G., Niedermeier, M., & Wlaschek, W. (2019). Effectiveness of a mini-trampoline training program on balance and functional mobility, gait performance, strength, fear of falling and bone mineral density in older women with osteopenia. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 2281–2293. <https://doi.org/10.2147/CIA.S230008>
- Rajapakse, C. S., Johncola, A. J., Batzdorf, A. S., Jones, B. C., Al Mukaddam, M., Sexton, K., Shults, J., Leonard, M. B., Snyder, P. J., & Wehrli, F. W. (2020). Effect of low intensity vibration on bone strength, microstructure, and adiposity in pre-osteoporotic postmenopausal women: A randomized placebo-controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4229>
- Reginster, J. Y., Minne, H. W., Sorensen, O. H., Hooper, M., Roux, C., Brandi, M. L., ... Eastell, R. (2000). Randomized trial of the effects of risedronate on vertebral fractures in women with established postmenopausal osteoporosis. *Osteoporosis International*, 11(1), 83–91. <https://doi.org/10.1007/s001980050010>
- Robling, A. G., Niziolek, P. J., Baldrige, L. A., Condon, K. W., Allen, M. R., Alam, I., Mantila, S. M., Gluhak-Heinrich, J., Bellido, T., Harris, S. E., & Turner, C. H. (2008). Mechanical stimulation of bone in vivo reduces osteocyte expression of Sost/sclerostin. *Journal of Biological Chemistry*, 283(9), 5866–5875. <https://doi.org/10.1074/jbc.M705092200>
- Svedbom, A., Hernlund, E., & Borgström, F. (2023). *Global prevalence of osteoporosis and low bone mass: 2023 update*. *Archives of Osteoporosis*, 18(1), 45–57. <https://doi.org/10.1007/s11657-023-01209-7>



- Shojaa, M., von Stengel, S., & Kohl, M. (2020). Effects of exercise training on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 20(3), 327–338. PubMed PMID: 32598251
- Shojaa, M., von Stengel, S., & Kohl, M. (2021). Exercise and bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of training modes. *Journal of Aging and Physical Activity*, 29(1), 10–25. <https://doi.org/10.1123/japa.2020-0050>
- Shojaa, M., von Stengel, S., Schoene, D., Kohl, M., & Kemmler, W. (2021). Effect of exercise training on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Bone*, 143, 115770. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115770>
- Sherrington, C., Fairhall, N., Wallbank, G., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. (2017). *Exercise for preventing falls in older people living in the community*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 1, CD012424. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424>
- Oliveira, M. L. A. D., Albuquerque, A. P. A., Silva, A. F., & Sá, C. K. C. D. (2016). The effects of different physical exercise programs on body composition and functional capacity in postmenopausal women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 65, 130–135. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.02.010>
- Tagliaferri, C., Wittrant, Y., Davicco, M.-J., Walrand, S., & Coxam, V. (2015). Muscle and bone, two interconnected tissues. *Ageing Research Reviews*, 21, 55–70. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.03.002>
- Tsai, J. N., Uihlein, A. V., Burnett-Bowie, S. A., Neer, R. M., & Leder, B. Z. (2011). Comparative effects of teriparatide, denosumab, and combination therapy on vertebral trabecular microarchitecture in women with osteoporosis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(10), 3775–3782. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-1333>
- Tang, B. M., Eslick, G. D., Nowson, C., Smith, C., & Bensoussan, A. (2007). Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: A meta-analysis. *The Lancet*, 370(9588), 657–666. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61242-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61242-7)
- Taku, K., Melby, M. K., Kronenberg, F., Kurzer, M. S., & Messina, M. (2010). Extracted or synthesized soybean isoflavones reduce bone loss in menopausal women: A meta-analysis of randomized controlled trials. *The Journal of Nutrition*, 140(3), 576–583. <https://doi.org/10.3945/jn.109.115618>
- Uesugi, T., Fukui, Y., & Yamori, Y. (2004). Beneficial effects of soybean isoflavone supplement on bone metabolism and serum lipids in postmenopausal Japanese women: A randomized double blind placebo controlled study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(9), 1047–1053. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601949>
- Watson, S. L., Weeks, B. K., Weis, L. J., Harding, A. T., Horan, S. A., & Beck, B. R. (2018). High intensity exercise may protect against bone loss and sarcopenia in older men: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 33(6), 1015–1026. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3394>
- Weaver, C. M., Gordon, C. M., Janz, K. F., et al. (2016). The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors. *Osteoporosis International*, 27(4), 1281–1386. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3440-3>
- Villareal, D. T., Chode, S., Parimi, N., Sinacore, D. R., Hilton, T., Armamento-Villareal, R., ... Shah, K. (2011). Weight loss, exercise, or both and physical function in obese older adults. *New England Journal of Medicine*, 364(13), 1218–1229. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1008234>
- Villareal, D. T., Aguirre, L., Gurney, A. B., Waters, D. L., Sinacore, D. R., Colombo, E., Armamento-Villareal, R., Qualls, C., & Shah, K. (2018). Weight loss and exercise for obese older adults: A randomized controlled trial. *Rejuvenation Research*, 21(5), 385–394. <https://doi.org/10.1089/rej.2018.2069>
- Yu, X., Li, H., Wang, J., Zhang, L., Liu, Y., & Li, Y. (2019). Effects of combined exercise on bone mineral density and balance ability in postmenopausal women with osteoporosis: A randomized controlled trial. *BioMed Research International*, 2019, Article 9206075. <https://doi.org/10.1155/2019/9206075>

- Yamazaki, S., Ichimura, S., Iwamoto, J., & Takeda, T. (2020). Effects of low-repetition, high-impact jump training on bone mineral density and physical function in postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, *38*, 558–566. <https://doi.org/10.1007/s00774-019-01072-2>
- Zhao, R., & Zhao, M. (2015). The impact of high-intensity progressive resistance training on bone mineral density and bone turnover in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International*, *26*(2), 639–649. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-2934-6>
- Zhao, R., & Zhao, M. (2015). Safety and efficacy of whole body vibration in attenuating bone loss in postmenopausal women: A meta-analysis. *Clinical Interventions in Aging*, *10*, 859–874. <https://doi.org/10.2147/CIA.S837>
- Zhao, R., Zhao, M., & Zhang, L. (2015). Efficiency of exercise interventions for improving bone mineral density in postmenopausal women: A network meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *100*(5), 2212–2220. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-1062>

### Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Rocío Beatriz Bustos Barahona  
Yoselyn Yudhit Reyes Sanchez

rociobustos@santotomas.cl  
yoselynreyessa@santotomas.cl

Autor/a  
Autor/a