



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

“Efecto del ejercicio de alta intensidad o de impacto en personas mayores con baja o muy baja densidad ósea: Revisión sistemática”

“Effect of high intensity or impact exercise in elderly people with low or very low bone density: a systematic review”

Autor/es

**Pablo Baraza Mallada**

Director/es

**Miguel Malo Urriés**

## **ÍNDICE**

RESUMEN .....	2
INTRODUCCIÓN: .....	3
OBJETIVOS .....	7
METODOLOGÍA.....	8
Tipos de estudios .....	8
Criterios de selección de los artículos.....	8
Recogida y análisis de datos.....	9
RESULTADOS .....	11
Descripción de los estudios .....	11
Resultados de la búsqueda.....	11
Riesgo de sesgo en los estudios incluidos.....	11
Intervenciones de ejercicio.....	16
Frecuencia de la intervención del ejercicio.....	17
Grupos Control o de intervención alternativa .....	17
Medidas de resultado.....	18
Efecto de las intervenciones y resultados .....	19
DISCUSIÓN.....	24
Limitaciones del estudio.....	28
Acuerdos y desacuerdos con otros estudios y revisiones .....	29
CONCLUSIONES .....	31
BIBLIOGRAFÍA: .....	32
ANEXO 1 .....	38
ANEXO 2 .....	40
ANEXO 3 .....	41
ANEXO 4 .....	42
Características de los estudios incluidos:.....	42
ANEXO 5 .....	49

## **RESUMEN**

**Introducción:** la osteoporosis es una patología esquelética que conduce a un mayor riesgo de fracturas, cuya prevención es crucial debido al elevado coste socioeconómico que supone su atención. Se ha propuesto el ejercicio como estrategia fundamental para evitar la pérdida ósea a partir de estímulos mecánicos.

**Objetivos:** examinar el efecto del ejercicio de alta intensidad o de impacto sobre la estructura ósea en personas mayores con baja o muy baja densidad ósea.

**Metodología:** se incluyeron en el estudio todos aquellos ensayos controlados aleatorizados publicados entre el año 2000 y el 2019 a partir de la búsqueda en cuatro bases de datos: Pubmed, el Registro Central Cochrane de Ensayos Controlados, Web of Science y SPORTDiscuss.

**Resultados:** 12 estudios con 978 participantes cumplieron los criterios de inclusión. El tipo de ejercicio que parece ser más efectivo en la densidad mineral ósea es el entrenamiento de fuerza. Las fracturas, las caídas y las lesiones musculoesqueléticas se informaron como eventos adversos. En general, la calidad metodológica de los estudios fue moderada, siendo más baja en el cegamiento del personal y los participantes y la adecuación del seguimiento.

**Conclusión:** los resultados sugieren un efecto relativamente pequeño, aunque posiblemente importante, del ejercicio sobre la densidad ósea respecto a los grupos control o de intervención alternativa. El ejercicio tiene potencial para disminuir de manera eficaz el riesgo de sufrir fracturas osteoporóticas y mejorar la calidad de vida de las personas.

**Palabras clave:** Osteoporosis, densidad ósea, osteopenia, mineralización ósea, fractura osteoporótica, ejercicio de fuerza, ejercicio de impacto, ejercicio de alta intensidad, actividad física, ejercicio de levantamiento de carga, ejercicio aeróbico.

## **INTRODUCCIÓN:**

Los huesos son órganos blanquecinos constituidos por tejido óseo que experimentan crecimiento radial y longitudinal, y procesos de modelado y remodelado óseo a lo largo de toda la vida. El tejido óseo se constituye por tres tipos celulares que son responsables de los procesos que sufre dicho tejido: los osteoblastos, los osteocitos y los osteoclastos. Los osteoblastos son células especializadas en la síntesis de la matriz ósea y son responsables del crecimiento y remodelación del hueso; los osteocitos son el tipo celular más abundante resultante de la diferenciación de los osteoblastos; los osteoclastos son las únicas células capaces de reabsorber el hueso (1).

Es importante no confundir los procesos de remodelado y modelado óseo. El *remodelado óseo* constituye un proceso celular que tiene lugar a lo largo de toda la vida a través del cual el hueso viejo se reabsorbe y se sustituye por matriz ósea nueva. De esta manera, se consigue mantener la resistencia ósea y la homeostasis mineral evitando el efecto acumulativo de microdaños óseos a lo largo del tiempo. En cambio, el *modelado óseo* es un proceso mediante el cual se va modificando la resistencia y la forma ósea a partir de influencias fisiológicas y estímulos mecánicos que va recibiendo el hueso en el día a día desde la niñez y adolescencia (1,2).

Sin embargo, una alteración o anomalía en el remodelado óseo puede provocar la aparición de desórdenes esqueléticos tales como la osteoporosis (3). La osteoporosis se produce por un desequilibrio en el cual se elimina más hueso del que se forma, disminuyéndose su resistencia. Esto se traduce en un incremento del riesgo de fracturas, siendo las articulaciones más afectadas la muñeca, la cadera o las vértebras (4).

La prevención de fracturas relacionadas con la osteoporosis pasa por evaluar el factor de riesgo (4). El riesgo de sufrir fracturas osteoporóticas depende de la resistencia ósea, la cual, viene determinada por factores tales como la masa ósea, geometría ósea, la red trabecular, el espesor cortical, la mineralización y el daño por fatiga (5,6). Esta resistencia se mide indirectamente a través de la densidad mineral ósea (DMO) utilizando absorciometría de rayos X de energía dual (DXA). La DMO es uno de los parámetros o valores que más información aporta sobre la resistencia ósea (7), aunque es necesario tener en cuenta que la DMO medida por DXA no es

capaz de valorar todos los aspectos de la resistencia ósea. Un ejemplo es el espesor cortical, el cual, no puede ser medido por DXA (8).

La importancia de la prevención de fracturas osteoporóticas pasa por el elevado coste socioeconómico que supone la atención y hospitalización inmediata de fracturas de este tipo, sobre todo las de cadera, y también por el hecho de que en tan sólo la mitad de los casos se logra recuperar la movilidad e independencia inicial (9). Por esta razón, se investigan continuamente nuevas estrategias de prevención para reducir la incidencia de fracturas relacionadas con la osteoporosis.

La actividad física (ya sea aeróbica o anaeróbica) se ha propuesto como una estrategia esencial para lidiar con la osteoporosis por su acción directa sobre la fisiología y estructura ósea (4,10). Sin embargo, tradicionalmente se han percibido los beneficios del ejercicio como escasos o relativamente pequeños, siendo más evidentes en aquellas personas con una densidad ósea extremadamente baja (4,11).

Durante la actividad física, salvo en actividades con bajo impacto como la natación, los huesos son sometidos a diferentes fuerzas mecánicas a consecuencia de la fuerza de reacción del suelo y la contracción muscular (12). Dichas fuerzas, no sólo cumplen un papel fundamental a la hora de evitar la pérdida de masa ósea, sino que también intervienen en la adaptación del hueso. Un claro ejemplo es la columna vertebral, que sufre constantemente fuerzas compresivas. Por esta razón, la red trabecular de cada vértebra se dispone longitudinalmente, pues es la mejor manera de resistir las fuerzas de compresión. De esta manera, las vértebras adquieren una mayor resistencia ante las fracturas por compresión. Otro claro ejemplo recae en los tenistas, cuyos huesos del antebrazo sufren numerosas fuerzas de impacto continuamente. Como resultado, estos huesos adquieren una matriz ósea más rígida y un incremento de en torno al 5-10% de masa ósea respecto al lado contralateral (13).

A nivel celular, las células óseas encargadas de sentir los estímulos mecánicos son los osteocitos, osteoblastos diferenciados que comprenden alrededor del 90% de las células óseas. Los osteocitos apoyan la estructura ósea y el metabolismo dentro de las redes sincitiales, en lagunas dentro del hueso

mineralizado. Estas células poseen numerosos procesos filipodiales que hacen que se mantengan conectadas entre sí y con la superficie (1,13). Esta conexión intercelular es posible gracias a unas proteínas llamadas conexinas, que aprovechan los canales intercelulares para establecer brechas de uniones eléctricas y metabólicas (14).

Los osteocitos poseen una mecanosensibilidad muy elevada. Las señales mecánicas de flexión, compresión y estiramiento que llegan a los osteocitos son transducidas a la actividad biológica. En respuesta a esas fuerzas externas, el flujo de fluido canalicular induce una variedad de respuestas dentro de los osteocitos, como una modulación del reclutamiento celular, de la diferenciación celular o de la actividad de osteoblastos y osteoclastos. De esta manera, los osteocitos son capaces de dirigir y modular la adaptación ósea en respuesta a estímulos mecánicos (1,13).

Dentro de la importancia que supone la actividad física, su realización puede llegar a ser muy heterogénea. La velocidad de contracción, la carga o el impacto del ejercicio son algunos de los parámetros que hay que tener en cuenta, ya que el estímulo mecánico que le llegue a la estructura ósea no será el mismo cuando estemos trabajando con una carga elevada o una pequeña. Si el objetivo propuesto es alcanzar un buen rendimiento muscular para poder modular los estímulos que llegan a los osteocitos a partir de la contracción muscular, será necesario diferenciar los entrenamientos de fuerza, potencia y resistencia (15).

En primer lugar, el entrenamiento de fuerza implica una carga/intensidad del 80-100 % de la cantidad máxima de peso que un individuo puede levantar (RM), y se trabaja con un número reducido de repeticiones (1 a 6 repeticiones). En segundo lugar, el entrenamiento de potencia se centra en la velocidad de la contracción y, dado a que la cantidad de carga levantada es inversamente proporcional a la velocidad de contracción, se emplean cargas más livianas dotando de más importancia a la fase concéntrica. En tercer lugar, el entrenamiento de resistencia se basa en un elevado número de repeticiones con una carga menos pesada (15).

Por lo tanto, en función del entrenamiento que se lleve a cabo el estímulo mecánico que llegue a los osteocitos será uno u otro. Generalmente, se han

estudiado entrenamientos en los que se ha dado más importancia al número de repeticiones que a la carga en relación a la DMO (4), pero en el ámbito de la investigación, existe poca evidencia acerca de estudios comparativos que traten la efectividad de un entrenamiento de fuerza en comparación con un entrenamiento de resistencia en personas con baja densidad ósea. ¿Es posible que a partir del entrenamiento con cargas muy pesadas aumente la efectividad sobre los procesos de formación ósea? ¿Son seguros dichos entrenamientos en personas mayores con baja densidad ósea y riesgo de fracturas osteoporóticas?

La *Ley de Wolff* describe que el tejido óseo se adapta y va cambiando de forma en función de las tensiones y cargas mecánicas que reciben (1,2), preferentemente de alta magnitud (16) o frecuencia (17). A pesar del conocimiento de estos principios, se prefiere aconsejar ejercicio de baja o moderada intensidad (11,18,19) porque se piensa que es más seguro y eficaz ante la falta de evidencia de estudios que demuestren la eficacia del ejercicio de impacto o alta intensidad en la preservación y mejora de la densidad ósea. Quizás, este sea el motivo por el que la evidencia hasta ahora muestra un beneficio modesto o prácticamente irrelevante del ejercicio ante la osteoporosis. Por esta razón, considero que es de especial relevancia recolectar información acerca de programas de ejercicio que se basen en la alta magnitud de carga o frecuencia, defendiendo principios de alta intensidad o de impacto, con el objetivo de comprobar si ante esta nueva modalidad deportiva, se consiguen datos más relevantes sobre la resistencia ósea y sobre la reducción de fracturas osteoporóticas.

## **OBJETIVOS**

- ✓ **Objetivo principal:** recopilar información de calidad y relevante acerca del efecto que produciría sobre la DMO la aplicación eficaz de ejercicio de alta intensidad o de impacto en personas mayores con baja o muy baja densidad ósea.
- ✓ **Objetivos secundarios:** analizar la seguridad de las intervenciones estudiadas al tratarse de grupos poblacionales con mayor riesgo de lesiones ligadas a la edad o fracturas a consecuencia de la disminución de la resistencia mecánica ósea; buscar si existe una relación entre el ejercicio, su efecto sobre los huesos y el riesgo de sufrir fracturas osteoporóticas; examinar si existe algún programa de impacto o alta intensidad que, por alguna razón en concreto, suponga un beneficio mayor sobre la estructura ósea; comprobar si existe algún tipo de relación entre la realización de ejercicio y el riesgo de sufrir caídas; determinar si el ejercicio influye en una mejora de la calidad de vida de personas mayores con baja densidad ósea.



## **METODOLOGÍA**

### ***Tipos de estudios***

Se trata de una revisión sistemática en la que se incluyeron ensayos controlados aleatorios (ECA) que investigan sobre el efecto que tiene el ejercicio de alta intensidad en personas mayores con densidad mineral ósea baja o muy baja. Se excluyeron las revisiones sistemáticas, los estudios de casos control, estudios cuasialeatorios, estudios de series de casos y estudios de cohorte.

### ***Criterios de selección de los artículos***

#### ***Criterios de inclusión de los participantes:***

1. Pacientes que presentan una densidad mineral ósea con un índice T-score de entre -1 y -2,5; por lo que se considerarían pacientes diagnosticados de osteopenia, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (20,21).
2. Pacientes que presentan una densidad mineral ósea con un índice T-score inferior a -2,5; pacientes diagnosticados por tanto de osteoporosis, según la OMS (20,21).
3. Población sana que cumpla uno de los criterios anteriores y con una edad igual o superior a 50 años, de ambos sexos.

#### ***Criterios de exclusión de los participantes:***

El objetivo principal del estudio es centrarse en la osteoporosis primaria o en su defecto osteopenia, generada principalmente a consecuencia de la edad o de diferencias hormonales desarrolladas tras la menopausia. Por esta razón, se excluyeron de la revisión todos aquellos artículos que asociaban la osteoporosis a condiciones tales como la obesidad, síndrome de fragilidad, tumoraciones, diabetes o artritis reumatoide.

#### ***Tipos de intervenciones:***

- ✓ Ejercicio de alta intensidad o de impacto (entrenamiento de fuerza, de levantamiento de peso, entrenamiento de potencia, de alta velocidad...).
- ✓ Duración mínima de la intervención de 6 meses, periodo de tiempo a partir del cual se pueden empezar a ver cambios significativos en la estructura ósea (1).

- ✓ Se excluyeron de la revisión aquellos estudios que incluyeron únicamente un programa de intervención basado en el ejercicio en casa, la terapia de vibración, el Tai Chi o entrenamiento del equilibrio por ser consideradas intervenciones de bajo impacto.

Grupo comparativo:

- ✓ Grupo control: sin ejercicio o actividad física habitual.
- ✓ Grupo de intervención alternativa: medicamentos, vitaminas, terapia combinada de medicación más ejercicio o entrenamiento de ejercicio de otras características.

Medidas de resultado:

- ✓ Masa ósea que incluye DMO, el contenido mineral óseo (BMC) o el índice de calcio óseo (CaBI) inmediatamente después de la intervención y al seguimiento.  
DMO medida por absorciometría de rayos X de energía simple o dual (DXA), inmediatamente después de la intervención y al seguimiento (21).
- ✓ Calidad de vida a partir de escalas de valoración (OPAQ, AQoL, HRQoL).
- ✓ Número de fracturas incidentales: vertebrales o no vertebrales.
- ✓ Eventos adversos leves, donde se incluyeron las caídas y dolores musculoesqueléticos, siempre y cuando sea a consecuencia directa de la intervención.
- ✓ Eventos adversos graves, incluida la muerte, siempre y cuando sea a consecuencia directa de la intervención.

**Recogida y análisis de datos**

Métodos de búsqueda para la identificación de estudios:

Para identificar los ensayos del estudio se emplearon cuatro bases de datos electrónicas: Pubmed, el Registro Central Cochrane de Ensayos Controlados, Web of Science y SPORTDiscuss. Se restringió la búsqueda al año de publicación (intervalo de fecha entre 2000 y 2019) y al idioma (únicamente se buscaron artículos en inglés). La búsqueda de artículos se llevó a cabo a fecha 15 de febrero de 2019. El método de búsqueda de las cuatro bases de datos queda reflejado en el [Anexo 1](#).

### Selección de estudios:

Una vez eliminados los duplicados, se revisaron los criterios de elegibilidad de artículos para esta revisión. Se examinaron los títulos y/o resumen de los artículos generados en las bases de datos según los siguientes criterios: tipo de estudio, tipos de participantes, tipo de intervención y tipos de medidas de resultados. Después de reunir todos los estudios potencialmente elegibles, se revisó el texto completo para determinar su elegibilidad. Todos aquellos estudios sin posibilidad de acceso al texto completo fueron excluidos.

### Extracción y manejo de datos:

Para evaluar la eficacia, se extrajeron los resultados de interés sin procesar de cada uno de los estudios (media y desviación estándar (SD) para los resultados continuos y cantidad de eventos para los resultados dicotómicos).

### Evaluación del riesgo de sesgo:

Se evaluó el riesgo de sesgo para cada estudio incluido mediante la herramienta "riesgo de sesgo" de la Colaboración Cochrane (22). La calidad metodológica de cada estudio se evaluó a partir de los siguientes dominios clave: generación de la secuencia aleatoria, ocultamiento de la asignación, cegamiento de los participantes y personal del estudio, cegamientos de los evaluadores, datos de resultados incompletos, notificación selectiva de los resultados, otras fuentes de sesgo y adecuación del seguimiento.

Para el análisis estadístico de la calidad metodológica registrada a partir de la herramienta "riesgo de sesgo", se utilizó el software Cochrane Review Manager (RevMan).

## **RESULTADOS**

### ***Descripción de los estudios***

Finalmente 12 ECA con 978 participantes cumplieron los criterios de inclusión.

### ***Resultados de la búsqueda***

Como resultado de la búsqueda en las cuatro bases de datos ya citadas se registraron 4.841 estudios. De todos ellos se recopilamos un total de 194 estudios potenciales que se cribaron en función de los criterios de inclusión hasta alcanzar la cifra de 12 ensayos relevantes potenciales (consultar el diagrama de flujo PRISMA, [Anexo 2](#)).

### ***Riesgo de sesgo en los estudios incluidos***

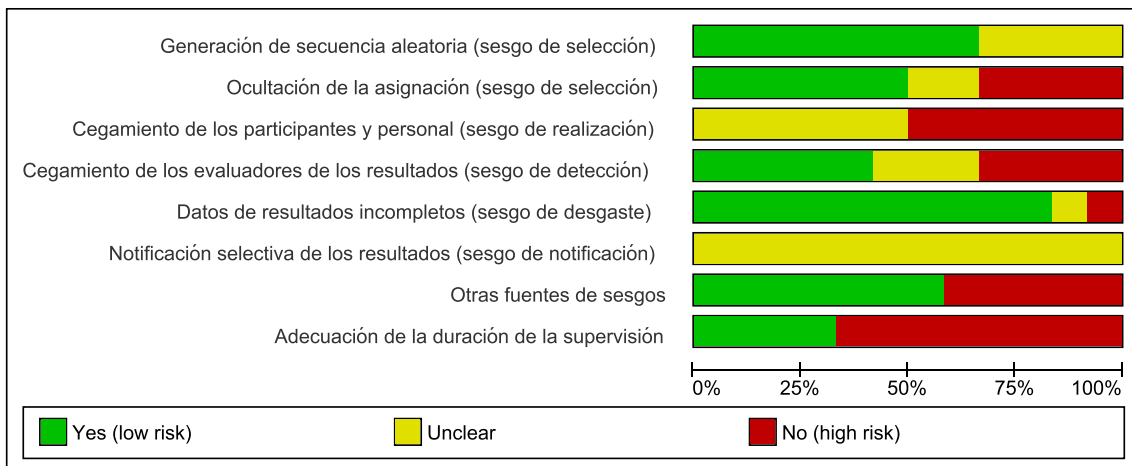
Se juzgaron los siguientes dominios clave como "bajo riesgo", "alto riesgo" o "riesgo de sesgo incierto" según el Manual Cochrane de revisiones sistemáticas (22):

- ✓ Generación de secuencia aleatoria.
- ✓ Ocultamiento de la asignación.
- ✓ Cegamiento de los participantes y el personal del estudio.
- ✓ Cegamiento de los evaluadores de los resultados.
- ✓ Datos de resultados incompletos.
- ✓ Notificación selectiva de los resultados.
- ✓ Otras fuentes de sesgos: efecto de arrastre en ensayos cruzados, asignación por bloques en ensayos no cegados, sesgo nulo o desequilibrio inicial entre los grupos.
- ✓ Adecuación de la duración de la supervisión.

El resumen de la calidad metodológica para cada estudio incluido se presenta en la [Figura 1](#) y los juicios del revisor sobre cada ítem de calidad metodológica se presenta como porcentaje en todos los estudios incluidos en la [Figura 2](#). Se calificó el riesgo general de sesgo como "bajo" en seis artículos [Bolton 2012; Gianoudis 2014; Gualano 2014; Korpelainen 2006; Liu Ambrose 2004; Watson 2018] y "alto riesgo de sesgo" en cuatro artículos [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Von Stengel 2005; Von Stengel 2007].

	Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección)	Ocultación de la asignación (sesgo de selección)	Cegamiento de los participantes y personal (sesgo de realización)	Cegamiento de los evaluadores de los resultados (sesgo de detección)	Datos de resultados incompletos (sesgo de desgaste)	Notificación selectiva de los resultados (sesgo de notificación)	Otras fuentes de sesgos	Adecuación de la duración de la supervisión
Bolton 2012	+	+	?	+	+	?	+	-
Borba Pinheiro(2) 2016	?	-	-	-	+	?	-	-
Borba Pinheiro 2016	?	-	-	-	+	?	-	-
Gianoudis 2014	+	+	?	?	+	?	+	+
Gualano 2014	+	+	?	?	+	?	+	-
Korpelainen 2006	+	+	-	+	+	?	+	+
Liu-Ambrose 2004	+	?	?	+	+	?	+	-
Shanb 2014	+	+	?	?	-	?	+	-
Stengel 2005	?	-	-	-	+	?	-	+
Stengel 2007	?	-	-	-	+	?	-	-
Watson 2015	+	?	?	+	?	?	-	+
Watson 2018	+	+	-	+	+	?	+	-

**Figura 1** → Resumen de calidad metodológica: revise los juicios del autor sobre cada ítem de calidad metodológica para cada estudio incluido.



**Figura 2** → Gráfico de calidad metodológica: revise los juicios del autor sobre cada ítem de calidad metodológica presentado como porcentajes en todos los estudios incluidos

Generación de secuencia aleatoria (sesgo de selección):

La aleatorización de los participantes se describió de manera clara y concisa en ocho estudios [Bolton 2012; Gianoudis 2014; Gualano 2014; Korpelainen 2006; Liu-Ambrose 2004; Shanb 2014; Watson 2015; Watson 2018 (8,23–29)]. Sin embargo, en cuatro ocasiones no se detalló de manera clara la manera en la que se aleatorizó a los participantes, a pesar de ser reconocido el estudio como ECA. Por esta razón se le otorgó la categoría de “riesgo incierto de sesgo” a cuatro estudios [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016(2); Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (30–33)].

Ocultación de la asignación (sesgo de selección):

La ocultación de la asignación se realizó de manera correcta en seis estudios [Bolton 2012; Gianoudis 2014; Gualano 2014; Korpelainen 2006; Shanb 2014; Watson 2018 (8,23–25,27,29)]. En dos estudios no se describe claramente los métodos de ocultación de la asignación por lo que se incluyeron en la categoría “riesgo incierto de sesgo” [Liu-Ambrose 2004; Watson 2015 (26,28)]. Por último, hay cuatro ensayos que se incluyeron en la categoría de “alto riesgo de sesgo” debido a que no se hizo mención a una posible ocultación de la asignación, por lo que se optó por esta categorización [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro (2) 2016; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (30–33)].

### Cegamiento de los participantes y personal (sesgo de realización):

En intervenciones con ejercicios es más difícil asegurar el cegamiento de los participantes. En esta ocasión, no se pudo certificar que el cegamiento de los participantes fuera el adecuado en ninguno de los estudios analizados en la revisión, por lo que no se pudo categorizar como "bajo riesgo de sesgo" a ningún estudio.

Se determinó "riesgo incierto de sesgo" en seis estudios: en cuatro estudios no se explicó de manera clara el cegamiento de los participantes [Bolton 2012; Gianoudis 2014; Shanb 2014; Watson 2015 (8,23,27,28)]; en otro, existe la posibilidad de que a lo largo de la intervención se perdiera el cegamiento de los participantes [Liu-Ambrose 2004 (26)]; y en el último, se utilizó una técnica para comprobar una posible pérdida del cegamiento en la que se preguntaba a los participantes después de la intervención si eran capaces de adivinar la suplementación alimenticia que habían recibido. En torno al 50% lo adivinaron, lo que podría indicar una pérdida del cegamiento de los participantes [Gualano 2014 (24)].

Por último, los participantes y/o el personal del estudio no fueron cegados correctamente en 6 estudios [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Korpelainen 2006; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2018 (25,29-33)].

### Cegamiento de los evaluadores de los resultados (sesgo de detección):

Cinco estudios cegaron adecuadamente los evaluadores por lo que se clasificaron como "bajo riesgo de sesgo" [Bolton 2012; Korpelainen 2006; Liu-Ambrose 2004; Watson 2015; Watson 2018 (8,25,26,28,29)]. En tres estudios no se encontró suficiente información sobre el cegamiento de los evaluadores como para juzgar dichos estudios como "alto o bajo riesgo", por lo que se optó por categorizarlos como "riesgo incierto de sesgo" [Gianoudis 2014; Gualano 2014; Shanb 2014 (23,24,27)]. Los evaluadores no fueron cegados correctamente en cuatro estudios, por lo que se categorizaron como "alto riesgo de sesgo" [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (30-33)].

*Datos de resultados incompletos (sesgo de desgaste):*

Se consideró que en tan solo una ocasión no se abordó de manera adecuada los datos de resultados incompletos, ya que se ocultó cuantos participantes completaron el estudio, por lo que se decidió otorgar la categoría "alto riesgo de sesgo" [Shanb 2014 (27)].

Hubo "riesgo incierto de sesgo" en otro estudio por la siguiente razón: de los 72 participantes que se aleatorizaron solo 28 completaron el estudio por no cumplir los criterios de inclusión. Como no fueron abandonos como tal a consecuencia de intervención se categoriza como no claro [Watson 2015 (28)]. El resto de los estudios se caracterizaron como "bajo riesgo de sesgo".

*Notificación selectiva de los resultados (sesgo de notificación):*

No se disponía de información suficiente para permitir el juicio de "bajo riesgo" o "alto riesgo de sesgo" para el informe selectivo de cualquiera de los doce estudios.

*Otras fuentes potenciales de sesgo:*

Cinco estudios se clasificaron en este apartado como "alto riesgo de sesgo" debido a las siguientes razones: en un estudio hay alta probabilidad de sesgo nulo debido a que los criterios de inclusión no se aplican de manera correcta antes de la aleatorización [Watson 2015 (28)]; en los cuatro estudios restantes existe posibilidad de que aparezca un sesgo de realización al aleatorizar los pacientes en bloques en ensayos no cegados [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016(2); Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (30–33)]. El resto de los estudios se clasificaron como "bajo riesgo de sesgo".

En este apartado también se comprobó la comparabilidad entre el grupo intervención y el grupo control al comienzo del estudio. En cuatro estudios se indicó que había diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos grupos en alguno de los datos iniciales: time up-and-go test [Watson 2018 (29)]; edad e historia familiar de fractura de cadera [Bolton 2012 (8)]; altura [Borba Pinheiro 2016 (30)]; IMC y peso [Borba Pinheiro 2016 (31)]. Sin embargo, se consideró que ninguna de estas diferencias era lo suficientemente relevante como para condicionar los resultados finales del estudio. Por ello,



se decidió catalogar los doce estudios como "bajo riesgo de sesgo" en cuanto a dicha comparabilidad.

#### Adecuación de la duración de la supervisión:

Únicamente cuatro estudios proporcionaron datos de seguimiento, o en su defecto, controlaron y monitorizaron a los participantes antes de cada sesión [Gianoudis 2014; Korpelainen 2006; Von Stengel 2005; Watson 2015 (23,25,28,32)]. El resto de los estudios sólo proporcionaron datos al final de la intervención.

#### **Intervenciones de ejercicio**

Dentro de los 12 estudios seleccionados podemos apreciar diferencias en cuanto a la intensidad del programa de ejercicios, sin olvidar que en todos los casos se debe cumplir un mínimo para poder incluirse en el estudio según los criterios de intervención. Se agruparon en los siguientes grupos de intervención:

- ✓ Entrenamiento de resistencia (**ER**): incluye todas aquellas intervenciones que se basan en sets de ejercicios de varias repeticiones con un peso asequible (8-12 RM) pero donde la intensidad va aumentando progresivamente hasta alcanzar la alta intensidad.
- ✓ Entrenamiento de impacto (**EI**): incluye todas aquellas intervenciones de impacto ya sea con peso o sin peso que se basan en programas de saltos incluyendo ejercicios tales como saltos a cajón, saltos laterales, zancadas...
- ✓ Entrenamiento de levantamiento de peso (**ELP**): incluye aquellas intervenciones que se basan en ejercicios de levantamiento de peso sin llegar a considerarse un entrenamiento de fuerza por no alcanzar una intensidad tan elevada.
- ✓ Entrenamiento de fuerza (**EF**): incluye todas aquellas intervenciones que se basan en el uso de ejercicios con una intensidad que puede alcanzar el 85-90% de 1 RM. Incluye ejercicios tales como back squat, overhead press, deadlift o bench press, entre otros.

El programa de intervenciones consistió en: **ER** en 3 estudios [Bolton 2012; Borba Pinheiro 2016 (2); Gualano 2014 (8,24,31)]; **EI** en 3 estudios [Borba Pinheiro 2016; Gianoudis 2014; Korpelainen 2006 (23,25,30)]; **ELP** en 1

estudio [Shanb 2014 (27)]; **EF** en 5 estudios [ Liu-Ambrose 2004; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2015; Watson 2018 (26,28,29,32,33)].

Hay que resaltar que alguno de los estudios combinó varias ramas distintas de intervención, por lo que no son grupos cerrados.

### ***Frecuencia de la intervención del ejercicio***

La frecuencia de las sesiones para la mayoría de los estudios fue de dos o tres días por semana. Las excepciones fueron tres estudios, dos de los cuales los participantes tenían sesiones cuatro veces por semana [Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (32,33)] y, en el tercero, los participantes debían cumplimentar un entrenamiento supervisado una vez a la semana y un entrenamiento en casa diario [Korpelainen 2006 (25)] . Cabe destacar un estudio con una intervención donde los participantes debían cumplimentar un plan de ejercicios 3 días por semana y además un programa de saltos de manera diaria [Bolton 2012 (8)].

### ***Grupos Control o de intervención alternativa***

Solamente en dos ocasiones se invitó a los controles a continuar con su actividad habitual [Bolton 2012; Korpelainen 2006 (8,25)]. Un estudio informó a los participantes del grupo control de no realizar actividad física de manera regular [Borba Pinheiro 2016 (30)] mientras que otro estudio basó la intervención del grupo control en sesiones de educación sobre la osteoporosis y suplementación con calcio [Gianoudis 2014 (23)].

En seis ocasiones el grupo que se estudiaba se comparó con grupos de intervención alternativa. En dos estudios se comparó un grupo de intervención de entrenamiento de potencia con uno de fuerza [Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (32,33)]; en dos estudios el grupo intervención se comparó con un grupo donde la intervención alternativa se basaba en un programa de ejercicios menos intenso y con bajo peso [Watson 2015; Watson 2017 (28,29)]; en una ocasión el grupo de estudio se comparó con un programa de ejercicios relativamente parecido pero sin peso [Shanb 2014 (27)]; en otra ocasión se comparó el grupo de estudio con otros dos de intervención alternativa que se basaban en un entrenamiento de agilidad y otro de estiramientos [Liu-Ambrose 2004 (26)].

Por último, quedan dos estudios en el que se combinan los grupos de estudio de la siguiente manera: en el primero de ellos, se estudian dos grupos donde se pone en práctica el mismo programa de ejercicios pero con diferente frecuencia durante la semana, y luego se comparan con un grupo control donde se pide a los participantes la no realización de actividad física regular [Borba Pinheiro 2016 (2) (31)]; en el segundo de ellos, los participantes se agrupan en cuatro grupos de intervención donde se estudia el efecto de la creatina en un programa de ejercicios de resistencia por un lado, y el efecto de la dextrosa en ese mismo programa, por otro [Gualano 2014 (24)].

### ***Medidas de resultado***

La DMO se midió en la columna lumbar en diez estudios [Bolton 2012; Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Gianoudis 2014; Gualano 2014; Shanb 2014; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2015; Watson 2018 (8,23,24,27-33)].

La DMO se midió en la cadera en diez estudios (8,23-29,32-34). Estos se subdividieron en las siguientes localizaciones óseas: cuello femoral [Gianoudis 2014; Gualano 2014; Korpelainen\_2006; Liu-Ambrose 2004; Shanb 2014; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2015; Watson 2018]; cadera total [Bolton 2012; Gianoudis 2014; Liu-Ambrose 2004; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007]; subregión trocantérea [Liu-Ambrose 2004; Korpelainen\_2006].

La DMO también se midió en el radio distal [Korpelainen 2006; Shanb 2014 (25,27,34)]; antebrazo [Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (32,33)]; fémur total [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Gualano 2014; Korpelainen 2006 (24,25,30,31,34)]; cuerpo total [Gualano 2014; Watson 2015 (24,28)]; calcáneo [Korpelainen 2006 (25,34)].

Además, se midió el BMC en dos ocasiones [Bolton 2012; Korpelainen 2006 (8,25,34)].

La tasa de fracturas se informó en tres estudios, así como el número de caídas durante el periodo de intervención [Gianoudis 2014; Korpelainen 2006; Watson 2018 (23,25,29,34)], y en siete estudios se informó si hubo o no

eventos adversos tales como dolores o lesiones musculoesqueléticas [Bolton 2012; Gualano 2014; Liu-Ambrose 2004; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2015; Watson 2018 (8,24,26,28,29,32,33)]. No se registraron eventos adversos graves en ningún estudio.

Se utilizaron escalas para valorar la calidad de vida en cuatro estudios [Bolton 2012; Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Shanb 2014 (8,27,30,31)]. Las escalas que se usaron fueron HRQoL, AQoL y OPAQ.

\*En el estudio Korpelainen 2006 se explica que los datos sobre la DMO y los incidentes de caídas quedan reflejados en una versión anterior a dicho artículo que se publicó previamente (34).

### ***Efecto de las intervenciones y resultados***

Los doce estudios que examinaron programas de ejercicio de impacto o alta intensidad versus datos control o de intervención alternativa informaron al menos sobre uno de los resultados considerados como importantes para la toma de decisiones:

- ✓ Cambio porcentual en la DMO en la columna lumbar.
- ✓ Cambio porcentual en la DMO en el cuello femoral.
- ✓ Cambio porcentual en la DMO en la cadera total.
- ✓ Cambio porcentual en la DMO en el radio/antebrazo.
- ✓ Tasa de fracturas.
- ✓ Eventos adversos (caídas).
- ✓ Otros eventos adversos (dolores o lesiones musculoesqueléticas).
- ✓ Calidad de vida.

Sin embargo, los resultados deben considerarse con cautela debido a que la naturaleza de los programas de ejercicio expuestos es heterogénea.

El análisis reveló diferencias significativas entre el grupo intervención y el grupo control o grupo de intervención alternativa para el cambio porcentual en la DMO en la columna lumbar en ocho de los doce estudios analizados [Borba Pinheiro\_2016; Borba Pinheiro\_2016 (2); Gianoudis 2014; Shanb 2014; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2015; Watson 2018 (23,27-33)]; para el cuello femoral el cambio porcentual fue significativo en otros nueve estudios [Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2);

Gianoudis\_2014; Korpelainen 2006; Shanb 2014; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007; Watson 2015; Watson 2018 (23,25,27-34)]; para la cadera total la diferencia fue significativa en tan sólo tres ocasiones [Bolton 2012; Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (8,32,33)]; y para el antebrazo el cambio porcentual fue significativo en otros tres estudios [Korpelainen 2006; Shanb 2014; Von Stengel 2005 (25,27,32,34)].

Ahora bien, el cambio porcentual no se produjo de la misma manera en todas las ocasiones. Es significativo que en el estudio de *Von Stengel 2005* se produce un aumento de DMO en la columna lumbar del grupo intervención (PT), mientras que en la cadera y en el cuello femoral se produce una pérdida de DMO en el grupo de intervención alternativa (ST). Además, en este mismo estudio se produce una pérdida de DMO en el radio en el grupo intervención. Por el contrario, en el otro estudio de *Von Stengel 2007*, se produce una pérdida ósea en todos aquellos cambios significativos.

En el resto de los estudios se produce un aumento óseo en todos aquellos cambios estadísticamente significativos ya reflejados salvo en un estudio, Korpelainen\_2006, donde lejos de alcanzar una estimulación de formación ósea recoge en sus resultados pérdidas tanto en cadera como antebrazo. Por otro lado, hay dos estudios en los que no se produce ningún cambio significativo respecto a la DMO [Gualano 2014; Liu-Ambrose 2004 (24,26)].

A continuación, se muestra la tabla resumen con los principales hallazgos de cada estudio en las localizaciones óseas investigadas en cada caso. La nomenclatura de cada grupo de intervención queda explicada en el [Anexo 5](#).

	Cambio % DMO columna lumbar	Cambio % DMO cuello femoral	Cambio % DMO cadera total	Cambio % DMO radio/antebrazo
<b>Bolton 2012</b>	EX=-0.003 ±0.032 CON= -0.008 ±0.021 EX menos CON= 0.002 (-0.017 a 0.022)		EX= 0.004 ±0.012 CON= -0.007 ±0.014 <b>EX menos CON= 0.012 (0.002 a 0.022)*</b>	
<b>Borba Pinheiro 2016</b>	AJT>AKT>CON Δ% AJT=0.073; <b>p=0.01*</b>	AJT>AKT>CON Δ% AJT=0.083; <b>p=0.03*</b>		
<b>Borba Pinheiro 2016(2)</b>	RT3>RT2>CON Δ% RT3=0.07; <b>p&lt;0.05*</b>	RT3>RT2>CON Δ% RT3=0.12; <b>p&lt;0.05*</b>		
<b>Gianoudis 2014</b>	EX=1.5 (0.8 a 2.0) CON=0.3 (-0.3 a 1.0) <b>EX menos CON = 1.1 (0.3 a 2.0)*</b>	EX= 0.6 (0.0 a 1.2) CON= -0.4 (-1.0 a 0.2) <b>EX menos CON= 1.0 (0.2 a 1.9)*</b>	EX=0.9 (0.4 a 1.4) CON= 0.5 (0.1 a 1.0) EX menos CON= 0.4 (-0.3 a 1.0)	
<b>Gualano 2014</b>	PL=0.00 (-0.01 a 0.01) CR=0.00 (-0.01 a 0.01) PL+RT=-0.01 (-0.02 a 0.00) CR+RT=0.01 (0.00 a 0.02)	PL=0.00 (-0.01 a 0.01) CR=-0.01 (-0.02 a 0.00) PL+RT=-0.01 (-0.02 a 0.00) CR+RT=-0.01 (-0.02 a 0.01)		
<b>Korpelainen 2006</b>		EX=0.670 (0.657 a 0.681) <b>CON=0.663 (0.651 a 0.674)*</b> EX menos CON= 0.007 (-0.010 a 0.024)		<b>EX=0.279 (0.269 a 0.289)***</b> <b>CON=0.282 (0.272 a 0.292)***</b> EX menos CON=-0.003 (-0.017 a 0.011)
<b>Liu-Ambrose 2004</b>		ΔRT=-0.002 (-0.009 a 0.005) ΔAG=0.004 (-0.003 a 0.011) ΔES=-0.001 (-0.007 a 0.006)	ΔRT=0.001 (-0.006 a 0.009) ΔAG=0.006 (0.000 a 0.013) ΔES=0.003 (-0.004 a 0.010)	
<b>Shanb 2014</b>	EX=-3.96±0.23/-2.9±0.31 CON=-3.9±0.22/-3.3±0.46; <b>p=0.016*</b>	EX=-4.04±0.18/-2.81±0.29 CON=-3.9±0.23/-3.1±0.43 <b>p=0.015*</b>		EX=-3.93±0.33/-2.83±0.31 CON=-3.8±0.28/-3.15±0.45; <b>p=0.008*</b>
<b>Stengel 2005</b>	ST=0.884±0.083/0.876±0.078 <b>PT=0.867±0.069/0.873 ±0.081*</b>	<b>ST=0.705±0.065/0.694 ±0.068**</b> PT=0.703±0.059/0.700±0.054	<b>ST=0.858±0.094/0.848±0.094**</b> PT=0.834±0.045/0.834±0.042	ST=0.502±0.046/0.501±0.046 <b>PT=0.523±0.039/0.518±0.039 **</b>
<b>Watson 2015</b>	<b>EX=1.6±0.9</b> CON=-1.7±0.6; <b>p=0.005*</b>	EX=0.3±0.5 CON=-2.5±0.8; <b>p=0.016*</b>		
<b>Watson 2018</b>	<b>ΔEX=2.9±3.1*</b> ΔCON=-1.2±3.1	<b>ΔEX=0.3±3.0*</b> ΔCON=-2.0±3.0		

Todos los datos representados se entienden por SD o por diferencias intergrupales o intragrupalas dentro de un intervalo de confianza.

Δ es la diferencia de cambio porcentual entre la medida en DXA pre y post-intervención.

/ es un símbolo que compara los valores iniciales de los finales de unos estudios determinados. A la izquierda del símbolo tenemos los valores iniciales y a la derecha los valores finales.

EX hace referencia al grupo intervención y refleja el cambio porcentual entre la medida inicial y la final. Esto ocurre de la misma manera para el resto de las abreviaturas.

\*Diferencia estadísticamente significativa; p<0.05.

\*\*Diferencia estadísticamente significativa; p<0.01

\*\*\* Diferencia estadísticamente significativa p<0.001.

El riesgo de sufrir fracturas ha sido bajo a consecuencia de la propuesta de intervención en aquellos estudios donde se ha medido este ítem. En tres estudios se valoró la tasa de fracturas durante el periodo de intervención y en sólo uno de ellos podemos sacar diferencias relevantes entre el grupo intervención y el grupo control [EX=6, CON=10, Korpelainen 2006 (25,34)]. Así mismo, se informó en los mismos estudios sobre el número de caídas que tuvieron lugar en el periodo de estudio. En uno de los estudios todas las caídas tuvieron lugar por causas ajenas a la intervención y los resultados no fueron significativos [EX=5, CON=2, Watson 2018 (29)]. En cambio, en los otros dos estudios se recopila el número de caídas independientemente del contexto en el que se produjeron, y el registro fue más elevado [EX=46, CON=34, Gianoudis 2014; EX=88, CON=101; Korpelainen 2006 (23,25,34)].

Se informaron otros eventos adversos en ocho estudios, pero en dos de ellos el registro fue de  $n=0$  [Gualano 2014; Watson 2015 (24,28)]. Generalmente, esos eventos no fueron de gran importancia (dolor de espalda, irritaciones en grandes articulaciones, dolores musculares...) y se pudieron abordar a partir de medios alternativos como hielo o medicación. Tan sólo 6 participantes no pudieron completar el entrenamiento a causa de las lesiones [Gianoudis 2014 (23)].

De especial interés son los gráficos de intensidad y frecuencia del dolor descritos en dos estudios y que quedan reflejados en el [Anexo 3](#) [Von Stengel 2005; Von Stengel 2007 (32,33)]. En el primer estudio de *Von Stengel et al.*, se observa una reducción estadísticamente significativa en la frecuencia del dolor en las grandes articulaciones dentro del grupo PT ( $p<0.05$ ). Sin embargo, en el segundo estudio se puede apreciar un aumento estadísticamente significativo de la intensidad del dolor en la columna lumbar dentro del grupo PT ( $p<0.05$ ) y una reducción estadísticamente significativa de la frecuencia del dolor en las grandes articulaciones dentro del grupo ST ( $p<0.05$ ).

Cuatro estudios [Bolton 2012; Borba Pinheiro 2016; Borba Pinheiro 2016 (2); Shanb 2014 (8,27,30,31)] evaluaron la calidad de vida de los participantes. En todos ellos se producen diferencias intragrupal e intergrupales estadísticamente significativas reflejando una mejoría de calidad de vida tras la intervención.

A continuación, se muestra la tabla resumen con los principales hallazgos de cada estudio en cuanto a calidad de vida, fracturas, caídas y otros eventos adversos.

	Tasa de fracturas	Caídas	Dolores o lesiones musculoesqueléticas	Calidad de vida
<b>Bolton 2012</b>			EX, n=14 CON, n=13	EX=-0.02 (0.10) CON=-0.16 (0.14) <b>EX minus CON=0.14 (-0.04 a -0.23)*</b>
<b>Borba Pinheiro 2016</b>				<b>AJT&gt;AKT&gt;CON*</b> AJT: $\Delta\%=55.06$ , $p<0.001$ AKT: $\Delta\%=32.5$ , $p=0.025$
<b>Borba Pinheiro 2016(2)</b>				RT3>RT2>CON <b>RT3:20.3±2.5/25.9±2.8*</b> <b>RT2:19.5±4.05/23.1±2.1*</b> <b>CON:19.7±4.05/19.8±4.1*</b>
<b>Gianoudis 2014</b>	fractura de muñeca (n=1)	EX, n=46 CON, n=34	<b>EX, n=34 CON, n=6</b>	
<b>Gualano 2014</b>			n=0	
<b>Korpelainen 2006</b>	<b>EX, n=6 CON, n=16</b>	EX, n=88 CON, n=101		
<b>Liu-Ambrose 2004</b>			RT, n=10 AG, n=4	
<b>Shanb 2014</b>				<b>EX=47.3±4.7/34.8±3.3*</b> <b>CON=41.1±4.3/34±3.2*</b>
<b>Watson 2015</b>			n=0	
<b>Watson 2018</b>	n=0	EX, n=5 CON, n=2	Dolor de espalda tras una repetición (n=1)	

Todos los datos representados se entienden por  $\pm$ SD o por diferencias intergrupales o intragrupalas dentro de un intervalo de confianza del 95%.

$\Delta$  es la diferencia de cambio porcentual entre la medida en DXA pre y post-intervención.

/ es un símbolo que compara los valores iniciales de los finales de unos estudios determinados. A la izquierda del símbolo tenemos los valores iniciales y a la derecha los valores finales.

\*Diferencia estadísticamente significativa;  $p<0.05$ .

Los resultados en cuanto al cambio % de DMO del estudio *Von Stengel 2007* y los hallazgos en cuanto a los eventos adversos del estudio *Von Stengel 2005* y *Von Stengel 2007* quedan reflejados de manera gráfica en el [Anexo 3](#).



## **DISCUSIÓN**

Se han resumido y analizado los datos de doce ECA que comparan programas de ejercicio de alta intensidad o de impacto con actividad habitual o de menor intensidad en personas mayores con baja o muy baja densidad ósea. Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los resultados obtenidos, se puede decir que en general, los hallazgos son más bien de relevancia moderada.

Los resultados sugieren un efecto relativamente pequeño, aunque estadísticamente significativo, sobre la realización de la actividad física en personas mayores con baja densidad ósea respecto a los grupos control o de intervención alternativa. El riesgo de fracturas no fue significativamente diferente entre el grupo intervención y los controles salvo en un estudio en el que se veía una clara diferencia que reflejaba un menor riesgo en aquellos participantes del grupo intervención. También se informó sobre el número de caídas en relación o no a posibles fracturas y sobre otros eventos adversos en los participantes, principalmente en el grupo intervención, e incluyeron dolor de espalda, dolores articulares y dolores musculares. Por último, se describió la mejora de calidad de vida de los participantes tras la intervención en aquellos estudios donde se utilizaron escalas para medir dicho ítem.

Ahora bien, si la población diana del estudio y las características de los planes de intervención son similares en todos los estudios analizados, ¿a qué se debe la heterogeneidad de los resultados y la escasez de hallazgos significativos en ciertos estudios?

*Watson, SL et al. (2018)*, en los ensayos LIFTMOR, insistió en los estudios donde se implantaban programas de entrenamiento de resistencia donde la intensidad era moderada (8-12 repeticiones en torno al 70% RM), obteniendo resultados con beneficios escasos (35). De esta manera, es posible que si no se alcanza un estímulo mecánico suficiente podría no estimularse la osteogénesis. Por esta razón, LIFTMOR basó sus estudios en programas de ejercicios con una intensidad de 80-85% RM alcanzando aumentos de DMO significativos en columna lumbar y cuello femoral.

De una manera muy similar desarrollo sus hipótesis *Stengel, S V et al. (2005, 2007)*, en cuyas investigaciones estudió la posibilidad de ejecutar programas de entrenamiento de potencia a una intensidad de 70-92,5% RM. Para ello,

se basó en cuatro parámetros que podrían tener un impacto osteogénico importante: magnitud y amplitud de la carga de peso ajustada, tasa de tensión y frecuencias. No está claro aún el grado de importancia de cada uno de los parámetros respecto a la formación ósea y, por ello, recurrimos a información de estudios alternativos. En primer lugar, *Judex y Zernicke* descubrieron a partir de un estudio con gallos que la tasa de tensión era más importante que la magnitud de la tensión (36,37). En segundo lugar, la amplitud de carga también debe jugar un papel importante, ya que a mayor amplitud, mayor estímulo le está llegando a la célula ósea favoreciendo procesos tales como la remodelación (38). En tercer lugar, se ha demostrado en muchos estudios con animales que, incrementando la frecuencia, se consigue aumentar la tasa de formación ósea. Sin embargo, la mayor parte de estos estudios se basan en frecuencias demasiado altas que no se podrían aplicar en programas de ejercicios (>10 Hz), sino en plataformas vibratorias (39,40)]. A pesar de ello, existe un estudio basado en ratas que usan frecuencias de entre 0.2 y 2.0 Hz, lo que demostraría que un incremento de la frecuencia en el ejercicio incrementaría la formación ósea (41).

En resumen, todos estos conceptos introducidos apoyan la idea de que un entrenamiento de alta intensidad conlleva un aumento de la DMO. Sin embargo, los resultados recogidos por *Stengel, S V et al. 2007* (33) nos llevan a preguntarnos por qué el entrenamiento de potencia que plantea a lo largo de dos años no recoge un incremento de la DMO, sino incluso una pérdida en ciertas estructuras óseas. Esto se podría explicar a partir del modelo de *Schriefer*: "el hueso se adapta a la carga mecánica" (42). De esta manera, se explicaría el incremento de DMO observado durante el primer año y la pérdida de DMO durante el segundo año.

Volviendo al apartado anterior, *Watson, SL et al. (2018)*, en los ensayos LIFTMOR, a pesar de que el programa de intervención consistía en levantamiento de peso a una alta intensidad, no encontró en el cambio % de DMO su hallazgo más importante. Es cierto que registró una mejora significativa de la DMO respecto al grupo control, pero descubrió quizás algo más relevante. Se observó un aumento más importante del espesor de la capa cortical del hueso. Este aspecto no se recolectó en esta revisión como una medida importante para la toma de decisiones, pero se sabe que la

cortical del hueso cumple un papel esencial en la resistencia a las fuerzas de compresión (43). Por ello, un aumento del grosor de la cortical supondría una disminución del riesgo de fracturas osteoporóticas tales como acúñamientos vertebrales o fracturas del cuello femoral. A esta conclusión también llegó *Liu-Ambrose, TY et al. (2004)*, pues no registró cambios significativos de DMO, pero al mismo tiempo encontró un aumento significativo de la capa cortical del hueso. De la misma manera, otros estudios parecen defender que el ejercicio no supone sólo un cambio beneficioso en la DMO o en la capa cortical del hueso, sino que produce también cambios aún mayores en el riesgo relativo de fracturas debido a una mejora de la calidad del hueso al actuar sobre la microarquitectura ósea, lo cual, no puede ser medido por DXA (8,44).

Otro descubrimiento interesante es la relación entre el entrenamiento de la fuerza muscular y su impacto osteogénico (27,30,31). La contracción muscular hace que el tendón tire del hueso en su inserción, lo que ejerce una tensión mecánica sobre las células óseas (45). Por ello, y, teniendo en cuenta que la población diana es mayor o igual a 50 años, si combatimos la sarcopenia con el ejercicio estimulando la activación muscular podemos combatir al mismo tiempo la pérdida ósea (30,31). Dentro de este factor muscular, se puede encontrar otro dato muy interesante, y es que, en personas con baja densidad ósea, la fuerza de la musculatura extensora de la espalda y la cifosis guardan una relevante relación con el riesgo de fracturas osteoporóticas de columna. Esa relación es inversamente proporcional, de tal manera que un aumento de fuerza en la musculatura extensora supondría una reducción de la curvatura cifótica (28,29,46). Mejoras en la cifosis y en la musculatura extensora de la columna se han asociado una disminución de la incidencia de fracturas vertebrales (28,29,47).

Esta revisión muestra estudios que revelan un aumento significativo de la DMO en una localización ósea específica y, en cambio, no muestra apenas cambios o incluso pérdidas óseas en otras localizaciones óseas diferentes dentro del mismo estudio (8,32). La explicación lógica nos conduce al mismo planteamiento desarrollado anteriormente. Los programas de ejercicio son muy heterogéneos, y tienden a ser muy específicos en cuanto al sitio

anatómico donde se recluta la tensión mecánica (48). Si nos basamos en la *ley de Wolff*, los participantes de esos programas de intervención pueden experimentar pérdidas óseas en ciertos puntos anatómicos y ganancias en otros distintos, en función de la especificidad de cada ejercicio (34).

Uno de los objetivos de esta revisión era encontrar información sobre programas de ejercicio de alta intensidad en personas mayores con baja densidad ósea, como ya he explicado. Sin embargo, si se demuestra que un programa de ejercicio es efectivo para el fortalecimiento óseo, pero supone un elevado riesgo de lesión para sus participantes, la información que se obtiene no posee la suficiente calidad para esta revisión. Por ello, otro de los objetivos prioritarios era encontrar programas de intervención seguros, que no supongan un aumento de la incidencia de lesiones musculares o articulares en la población diana. Ahí la razón por la que las caídas, fracturas y otros eventos adversos se tomaron como medidas de resultado importantes para la toma de decisiones.

El entrenamiento de potencia o de alta intensidad se caracteriza principalmente por un elevado porcentaje de carga y una explosiva contracción muscular (28,29,32,33). Esto supone someter a tendones y articulaciones a un estrés más elevado y, por tanto, conlleva un mayor riesgo de eventos adversos musculoesqueléticos. En los programas LIFTMOR sólo se registró un evento relacionado con dolor de espalda durante la realización de una repetición de peso muerto por lo que nos llevaría a pensar que la seguridad de dichos programas es muy elevada. Sin embargo, *Watson et al. (2018)*, reconoció que no tenían el poder de evaluar con absoluta certeza este apartado, ya que la muestra de su investigación era pequeña y, además, se aseguraron de excluir del estudio todas aquellas personas que podían tener alguna contraindicación al entrenamiento de alta intensidad. Si a esto le unimos la supervisión y el preentrenamiento de los participantes, nos hace pensar en que quizás estos datos no se puedan extrapolar al resto de la población. Por otro lado, *Von Stengel et al.*, midió en sus estudios tanto la intensidad como la frecuencia del dolor en varias articulaciones, y sí que observó un incremento general tras la intervención. Esto se relacionó con un agravamiento de posibles lesiones de los participantes a consecuencia de un programa de entrenamiento previo, aunque resulta muy arriesgado

generalizar y asegurar con absoluta certeza esta relación. Lo que está claro es que en personas mayores, la adaptación al estímulo mecánico intenso podría ser más lenta (49), y ejercicios con movimientos lentos minimizan el riesgo de lesiones.

*Gianoudis J, et al. (2014)* y *Bolton KL, et al. (2012)* también registraron eventos adversos en sus estudios. El primero asoció los eventos musculoesqueléticos a posibles agravamientos de lesiones preexistentes y reconoció la necesidad de revisar el impacto de los ejercicios. El segundo reconoció que su estudio no tenía el poder suficiente para evaluar los eventos adversos que había registrado y optó por reconocer la seguridad de su programa de intervención.

El número de caídas registradas sólo fue relevante en dos estudios. *Gianoudis J, et al. (2014)* encontró un mayor número de eventos, aunque no significativos, en el grupo intervención. No está claro el por qué, pero se piensa que los participantes del grupo intervención, al ser más físicos, podrían haber tomado más riesgos. *Korpelainen R, et al. (2006)* no encontró diferencias intergrupales en el número de caídas, pero sí su relación con las fracturas incidentales, mayores en el grupo control. Las razones atribuidas podrían ser las circunstancias y la biomecánica de cada caída.

Por último, se consideró importante el uso de escalas (OPAQ, HRQoL y AQoL) para valorar la calidad de vida como medida para la toma de decisiones. En los cuatro estudios donde se valoró, se encontraron mejoras significativas a favor del grupo intervención tras el cumplimiento del programa de ejercicio. El ejercicio bien diseñado y supervisado puede mejorar la función cognitiva y tener ventajas tales como el alivio de la depresión, soledad y aislamiento (50).

### ***Limitaciones del estudio***

En primer lugar, se incluyeron dos estudios (32,33) que no cumplen de manera estricta los criterios de inclusión de la población ya que aunque la media de edad es superior a los 50 años, no se especifica el rango de edad de los participantes. Por ello, si hubiéramos sido absolutamente estrictos esos estudios no se podrían haber incluido en la revisión. Sin embargo, el programa de intervención cuadraba exactamente con la idea del ejercicio que

se estaba buscando y, teniendo en cuenta la escasez de estudios a cerca del ejercicio de alta intensidad, se consideró que se podía sacar información muy útil de esos estudios.

En segundo lugar, dos de los estudios analizados muestran los resultados o parte de ellos de manera no numérica, es decir, con gráficas. Es difícil extrapolar los datos numéricos con exactitud y podría llegar a condicionar el análisis de esos programas de intervención.

En tercer lugar, se estableció como idea inicial la búsqueda de programas de ejercicio de alta intensidad o de impacto, pero la barrera entre la intensidad moderada y alta del ejercicio no se explica con claridad en algunos estudios, por lo que en ocasiones la exclusión e inclusión de los artículos es subjetiva y depende del juicio del autor.

Por último, cabe resaltar que esta revisión sistemática está elaborada por un único autor y no ha sido posible el cegamiento en ninguna ocasión. Esto supone la existencia de un posible riesgo de sesgo de realización o de selección de artículos.

### ***Acuerdos y desacuerdos con otros estudios y revisiones***

Actualmente, existen pocas revisiones sistemáticas o metaanálisis en esta área, y ninguna que incluya en sus investigaciones el ejercicio de levantamiento de carga pesada o de alto impacto. *Wolff, I et al.* (51) concluyó que el ejercicio tiene un efecto positivo en la columna lumbar y en el hueso femoral, mientras que *Bérard, A et al.* (52) indicó que los programas de ejercicios que incluyesen levantamiento de pesas eran efectivos sobre todo en la columna vertebral. Sin embargo, ambos basaron sus estudios en programas de ejercicio moderado. De la misma manera, *Howe TE et al.* (4) encontró beneficios pequeños en cuanto a la prevención de la osteoporosis a partir del ejercicio de moderada intensidad.

Otras revisiones con una calidad más limitada defienden también los beneficios de la práctica deportiva en cuanto a la DMO. *Moreira LD et al.* (53) indicó que el ejercicio de moderada-alta intensidad realizado a alta velocidad podría servir para la prevención de la osteoporosis primaria. Además, incluyó los beneficios de la vibración mecánica sobre la microarquitectura ósea. Por

otro lado, Giangregorio, L et al. (54) coincidió en los beneficios que tiene el ejercicio sobre la calidad de vida y el dolor.

Esta revisión actual informó sobre el efecto del ejercicio de alta intensidad sobre la DMO en columna lumbar, cadera y antebrazo. La investigación en esta área es escasa, aunque en los últimos años está despertando más interés. Por ello, y debido a la importancia del tema, son necesarias más investigaciones para poder establecer protocolos de prevención más eficaces y seguros.

## **CONCLUSIONES**

- ✓ Los resultados del presente estudio indican que existe evidencia estadísticamente significativa, aunque con efectos poco relevantes, que apoya el incremento de DMO en personas mayores con baja o muy baja densidad ósea a partir de ejercicio de alta intensidad o de impacto.
- ✓ Los resultados en cuanto al cambio % de DMO parecen indicar un aumento más relevante en aquellos programas de ejercicio donde la intensidad o el impacto es más elevado (>80 RM).
- ✓ Tras analizar los resultados del estudio, podemos concluir que el riesgo de fracturas osteoporóticas disminuye gracias al ejercicio debido a: aumento de la DMO, aumento del grosor de la capa cortical, mejora de la microarquitectura y disminución de la cifosis.
- ✓ No se han podido sacar conclusiones claras a cerca de la seguridad y riesgo de lesiones musculoesqueléticas en los programas de ejercicio de fuerza, aunque sí que se puede decir con claridad que la población diana pre-entrenada y con supervisión completa durante todo el periodo de intervención tiene menos riesgo de lesión que aquellas personas sedentarias que no reciben ningún tipo de supervisión durante el ejercicio.
- ✓ En los estudios analizados en la revisión que incluían las caídas como medida importante para la toma de decisiones no se consiguió establecer una relación significativa entre las caídas del grupo intervención con las del grupo control.
- ✓ Este estudio muestra que existe evidencia estadísticamente significativa que defiende la mejora de calidad de vida tras programas de ejercicios en personas mayores con baja o muy baja densidad ósea.



## **BIBLIOGRAFÍA:**

1. Clarke B. Normal bone anatomy and physiology. Clin J Am Soc Nephrol. 2008 Nov 1;3(3):131–9.
2. Eriksen EF. Normal and Pathological Remodeling of Human Trabecular Bone: Three Dimensional Reconstruction of the Remodeling Sequence in Normals and in Metabolic Bone Disease. Endocr Rev. 1986 Nov;7(4):379–408.
3. Raisz LG. Physiology and pathophysiology of bone remodeling. In: Clin Chem. 1999. p. 1353–8.
4. Howe TE, Shea B, Dawson LJ, Downie F, Murray A, Ross C, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. Cochrane Database Syst Rev. 2011 Jul 6;(7).
5. Donnelly E. Methods for Assessing Bone Quality: A Review. Clin Orthop Relat Res. 2011 Aug 30;469(8):2128–38.
6. Schnitzler CM. Bone quality: A determinant for certain risk factors for bone fragility. Calcif Tissue Int. 1993 Feb;53(1):27–31.
7. Ammann P, Rizzoli R. Bone strength and its determinants. Osteoporos Int. 2003 Mar 19;14(S3):13–8.
8. Bolton KL, Egerton T, Wark J, Wee E, Matthews B, Kelly A, et al. Effects of exercise on bone density and falls risk factors in post-menopausal women with osteopenia: A randomised controlled trial. J Sci Med Sport. 2012;15(2):102–9.
9. Johnell O. The socioeconomic burden of fractures: Today and in the 21st century. Am J Med. 1997 Aug 18;103(2):S20–6.
10. Hannan MT, Felson DT, Dawson-Hughes B, Tucker KL, Cupples LA, Wilson PWF, et al. Risk Factors for Longitudinal Bone Loss in Elderly Men and Women: The Framingham Osteoporosis Study. J Bone Miner Res. 2010 Feb 18;15(4):710–20.
11. Forwood MR, Burr DB. Physical activity and bone mass: exercises in futility? Bone Miner. 1993 May;21(2):89–112.
12. Lanyon LE, Hampson WG, Goodship AE, Shah JS. Bone deformation recorded in vivo from strain gauges attached to the human tibial shaft. Acta Orthop Scand. 1975 May;46(2):256–68.
13. Nulend K, Bacabac J, Bakker RG; Mechanical loading and how it affects

- bone cells: the role of the osteocyte cytoskeleton in maintaining our skeleton. *Eur Cell Mater.* 2012;24:278–91.
14. Plotkin LI, Manolagas SC, Bellido T. Transduction of Cell Survival Signals by Connexin-43 Hemichannels. *J Biol Chem.* 2002 Mar 8;277(10):8648–57.
  15. Reiman MP, Lorenz DS. Integration of strength and conditioning principles into a rehabilitation program. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2011 Sep [cited 2019 May 1];6(3):241–53. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21904701>
  16. Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcif Tissue Int.* 1985 Jul;37(4):411–7.
  17. Rubin CT, McLeod KJ. Promotion of bony ingrowth by frequency-specific, low-amplitude mechanical strain. *Clin Orthop Relat Res.* 1994 Jan;(298):165–74.
  18. Eisman JA, Kelly PJ, Morrison NA, Pocock NA, Yeoman R, Birmingham J, et al. Peak bone mass and osteoporosis prevention. *Osteoporos Int.* 1993 Jan;3(S1):56–60.
  19. Hongo M, Itoi E, Sinaki M, Miyakoshi N, Shimada Y, Maekawa S, et al. Effect of low-intensity back exercise on quality of life and back extensor strength in patients with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporos Int.* 2007 Sep 10;18(10):1389–95.
  20. Alexeeva L, Burkhhardt P, Christiansen C, Cooper C et al. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. *WHO Tech Rep Ser.* 1994;
  21. Kanis JA, Kanis JA. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Synopsis of a WHO report. *Osteoporos Int.* 1994 Nov;4(6):368–81.
  22. Higgins JPT, Green S. *Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones.* 2011.
  23. Gianoudis J, Bailey CA, Ebeling PR, Nowson CA, Sanders KM, Hill K, et al. Effects of a Targeted Multimodal Exercise Program Incorporating High-Speed Power Training on Falls and Fracture Risk Factors in Older Adults: A Community-Based Randomized Controlled Trial. *J Bone Miner Res.* 2014;29(1):182–91.
  24. Gualano B, Macedo AR, Alves CRR, Roschel H, Benatti FB, Takayama L,

- et al. Creatine supplementation and resistance training in vulnerable older women: A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Exp Gerontol*. 2014;53:7–15.
25. Korpelainen R, Keinanen-Kiukaanniemi S, Heikkinen J, Vaananen K, Korpelainen J. Effect of exercise on extraskeletal risk factors for hip fractures in elderly women with low BMD: A population-based randomized controlled trial. *J Bone Miner Res*. 2006;21(5):772–9.
  26. Liu-Ambrose TY, Khan KM, Eng JJ, Heinonen A, McKay HA. Both resistance and agility training increase cortical bone density in 75- to 85-year-old women with low bone mass: a 6-month randomized controlled trial. *J Clin Densitom*. 2004/12/25. 2004;7(4):390–8.
  27. Shanb AA, Youssef EF. The impact of adding weight-bearing exercise versus nonweight bearing programs to the medical treatment of elderly patients with osteoporosis. *J Fam Community Med*. 2014/11/07. 2014;21(3):176–81.
  28. Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, Horan SA, Beck BR. Heavy resistance training is safe and improves bone, function, and stature in postmenopausal women with low to very low bone mass: novel early findings from the LIFTMOR trial. *Osteoporos Int*. 2015/08/06. 2015;26(12):2889–94.
  29. Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, Harding AT, Horan SA, Beck BR. 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. *J Bone Miner Res*. 2017/10/05. 2018;33(2):211–20.
  30. Borba-Pinheiro CJ, Dantas EHM, Vale RGD, Drigo AJ, Carvalho M, Tonini T, et al. Adapted combat sports on bone related variables and functional independence of postmenopausal women in pharmacological treatment: a clinical trial study. *Arch Budo*. 2016;12(1):187–99.
  31. Borba-Pinheiro CJ, Dantas EHM, Vale RGD, Drigo AJ, Carvalho M, Tonini T, et al. Resistance training programs on bone related variables and functional independence of postmenopausal women in pharmacological treatment: A randomized controlled trial. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016;65:36–44.
  32. Stengel S V, Kemmler W, Pintag R, Beeskow C, Weineck J, Lauber D,

- et al. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *J Appl Physiol*. 2005/03/05. 2005;99(1):181–8.
33. von Stengel S, Kemmler W, Kalender WA, Engelke K, Lauber D. Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. *Br J Sport Med*. 2007/06/07. 2007;41(10):649–55.
  34. Korpelainen R, Keinanen-Kiukaanniemi S, Heikkinen J, Vaananen K, Korpelainen J. Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporos Int*. 2006;17(1).
  35. Zhao R, Zhao M, Xu Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2015 May 21;26(5):1605–18.
  36. Judex S, Zernicke RF. High-impact exercise and growing bone: relation between high strain rates and enhanced bone formation. *J Appl Physiol*. 2000 Jun;88(6):2183–91.
  37. Judex S, Zernicke RF. Does the mechanical milieu associated with high-speed running lead to adaptive changes in diaphyseal growing bone? *Bone*. 2000 Feb;26(2):153–9.
  38. Burger EH, Klein-Nulend J. Mechanotransduction in bone--role of the lacuno-canalicular network. *FASEB J*. 1999;13:101–12.
  39. LaMothe JM, Zernicke RF. Rest insertion combined with high-frequency loading enhances osteogenesis. *J Appl Physiol*. 2004 May;96(5):1788–93.
  40. Rubin C, Turner AS, Mallinckrodt C, Jerome C, McLeod K, Bain S. Mechanical strain, induced noninvasively in the high-frequency domain, is anabolic to cancellous bone, but not cortical bone. *Bone*. 2002 Mar;30(3):445–52.
  41. Turner CH, Forwood MR, Otter MW. Mechanotransduction in bone: do bone cells act as sensors of fluid flow? *FASEB J*. 1994 Aug;8(11):875–8.
  42. Schriefer JL, Warden SJ, Saxon LK, Robling AG, Turner CH. Cellular accommodation and the response of bone to mechanical loading. *J Biomech*. 2005 Sep;38(9):1838–45.

43. Holzer G, von Skrbensky G, Holzer LA, Pichl W. Hip Fractures and the Contribution of Cortical Versus Trabecular Bone to Femoral Neck Strength. *J Bone Min Res.* 2009 Mar;24(3):468–74.
44. Prot M, Saletti D, Pattofatto S, Bousson V, Laporte S. Links between mechanical behavior of cancellous bone and its microstructural properties under dynamic loading. *J Biomech.* 2015 Feb 5;48(3):498–503.
45. Judex S, Rubin CT. Is bone formation induced by high-frequency mechanical signals modulated by muscle activity? *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2010 Mar;10(1):3–11.
46. Sinaki M, Itoi E, Rogers JW, Bergstralh EJ, Wahner HW. Correlation of back extensor strength with thoracic kyphosis and lumbar lordosis in estrogen-deficient women. *Am J Phys Med Rehabil.* 1996;75(5):370–4.
47. Sinaki M, Itoi E, Wahner HW, Wollan P, Gelzcer R, Mullan BP, et al. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone.* 2002 Jun;30(6):836–41.
48. Tommerup LJ, Raab DM, Crenshaw TD, Smith EL. Does weight-bearing exercise affect non-weight-bearing bone? *J Bone Min Res.* 2009 Dec 3;8(9):1053–8.
49. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sport Exerc.* 1999 Jan;31(1):12–7.
50. Lerdal A, Celius EH, Pedersen G. Prescribed exercise: a prospective study of health-related quality of life and physical fitness among participants in an officially sponsored municipal physical training program. *J Phys Act Heal.* 2013 Sep;10(7):1016–23.
51. Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HCG, Kostense PJ, Twisk JWR. The Effect of Exercise Training Programs on Bone Mass: A Meta-analysis of Published Controlled Trials in Pre- and Postmenopausal Women. *Osteoporos Int.* 1999 Jan 1;9(1):1–12.
52. Bérard A, Bravo G, Gauthier P. Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for the prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 1997;7(4):331–7.
53. Moreira LDF, Oliveira ML de, Lirani-Galvão AP, Marin-Mio RV, Santos RN dos, Lazaretti-Castro M. Physical exercise and osteoporosis: effects of

different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2014 Jul;58(5):514–22.

54. Giangregorio LM, MacIntyre NJ, Thabane L, Skidmore CJ, Papaioannou A. Exercise for improving outcomes after osteoporotic vertebral fracture. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013 Jan 31;(1).
55. Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain.* 1986 Oct;27(1):117–26.
56. Measuring quality of life in women with osteoporosis. Osteoporosis Quality of Life Study Group. *Osteoporos Int.* 1997;7(5):478–87.

## **ANEXO 1**

### **Web of Science:**

1. TS= (osteoporosis OR osteopor\* OR osteopenia OR "bone density" OR "bone densit\*" OR "bone loss\*" OR "bone mass\*" OR "bone strength" OR "osteoporotic fracture\*" OR fracture\* OR "bone demineralization")
2. ALL= ("randomized controlled trial" OR "clinical trial" OR randomly)
3. #2 AND #1
4. TS= (animal\* OR (human\* AND animal\*))
5. #2 AND #1) NOT #4
6. TS= (exercise OR exerci\* OR "physical activit\*" OR "strength exercise" OR "strength training" OR "exercise therap\*" OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR "weight-bearing exercise" OR "impact exercise" OR "combined exercise" OR "mixed exercise" OR "aerobic exercise")
7. #6 AND #5

### **Pubmed:**

1. (osteoporosis OR osteopor\* OR osteopenia OR "bone density" OR "bone densit\*" OR "bone loss\*" OR "bone mass\*" OR "bone strength" OR "osteoporotic fracture\*" OR fracture\* OR "bone demineralization")
2. ("randomized controlled trial" OR "clinical trial" OR randomly)
3. #1 AND #2
4. (animal\* OR (human\* AND animal\*))
5. (#1 AND #2) NOT #3
6. (exercise OR exerci\* OR "physical activit\*" OR "strength exercise" OR "strength training" OR "exercise therap\*" OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR "weight-bearing exercise" OR "impact exercise" OR "combined exercise" OR "mixed exercise" OR "aerobic exercise")
7. #5 AND #6

### **SPORTDiscus:**

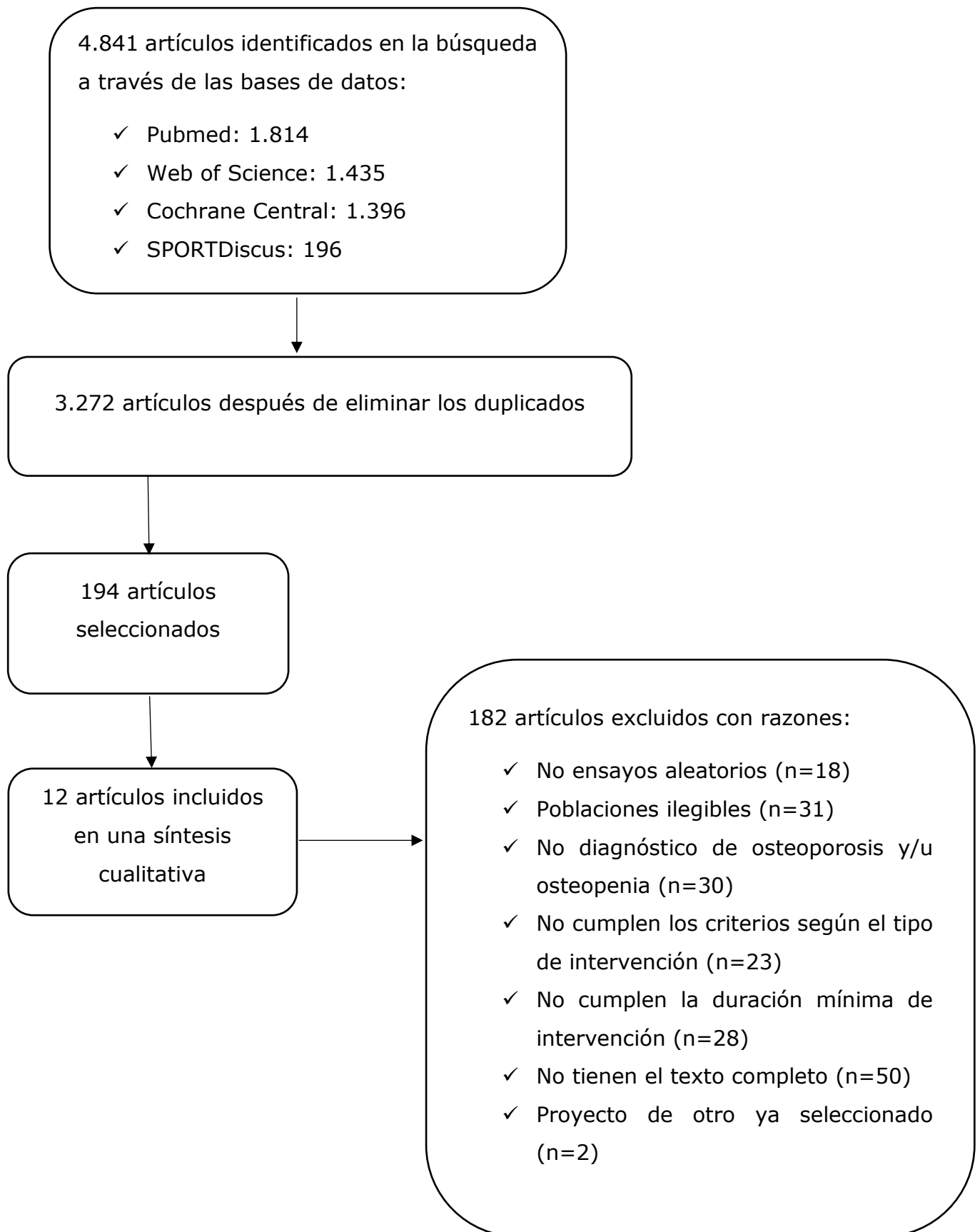
1. (osteoporosis OR osteopor\* OR osteopenia OR "bone density" OR "bone densit\*" OR "bone loss\*" OR "bone mass\*" OR "bone strength" OR "osteoporotic fracture\*" OR fracture\* OR "bone deminerali\$ation")
2. ("randomized controlled trial" OR "clinical trial" OR randomly)
3. (exercise OR exerci\* OR "physical activit\*" OR "strength exercise" OR "strength training" OR "exercise therap\*" OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR "weight-bearing exercise" OR "impact exercise" OR "combined exercise" OR "mixed exercise" OR "aerobic exercise")
4. (animal\* OR (human\* AND animal\*))
5. (#1 AND #2 AND #3) NOT #4

### **Cochrane Central:**

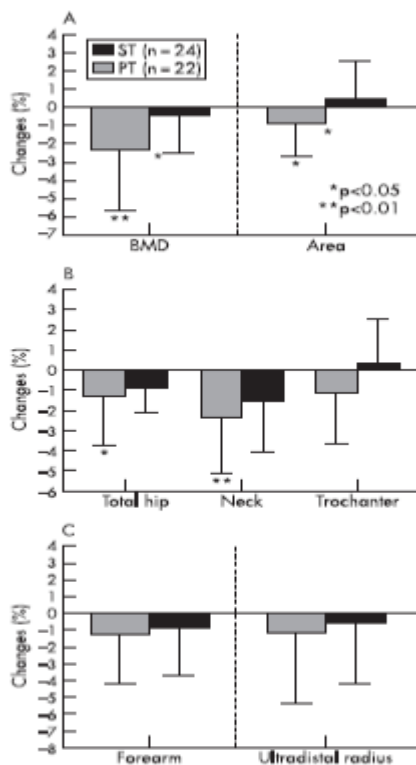
1. ((osteoporosis OR osteopor\* OR osteopenia OR "bone density" OR "bone densit\*" OR "bone loss\*" OR "bone mass\*" OR "bone strength" OR "osteoporotic fracture\*" OR fracture\* OR "bone deminerali\$ation")): ti,ab,kw AND (("randomized controlled trial" OR "clinical trial" OR randomly)):ti,ab,kw
2. ((exercise OR exerci\* OR "physical activit\*" OR "strength exercise" OR "strength training" OR "exercise therap\*" OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR "weight-bearing exercise" OR "impact exercise" OR "combined exercise" OR "mixed exercise" OR "aerobic exercise")): ti,ab,kw
3. ((animal\* OR (human\* AND animal\*))) : ti,ab,kw
4. #1 NOT #3
5. #2 AND #4



## **ANEXO 2**

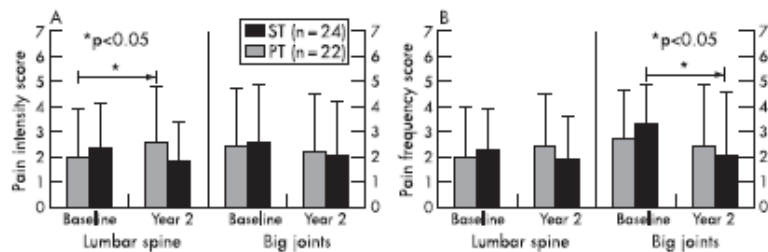
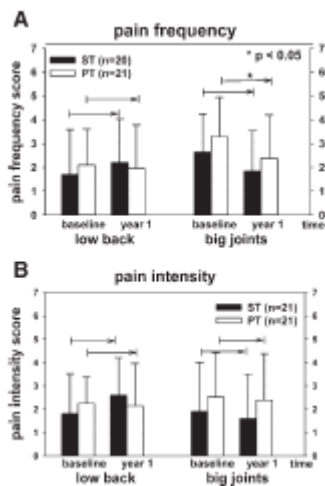


### ANEXO 3



Stengel, S V et al. 2007

En las gráficas de la izquierda quedan reflejados los resultados obtenidos en el único estudio que no aparece en las tablas resumen. Se puede apreciar el cambio porcentual de DMO en columna lumbar (A), cadera total, cuello femoral, trocánter (B) y radio distal (C) respecto a los valores iniciales.



Stengel, S V et al. 2007

Stengel, S V et al. 2005

En las gráficas anteriores elaboradas en los estudios de Von Stengel (32,33) se evalúa la intensidad y la frecuencia del dolor tanto en la columna lumbar como en las grandes articulaciones, al inicio y durante su evolución a lo largo de la intervención. Se evaluó a partir de cuestionarios según Jensen (55) y el grupo estudio de osteoporosis de calidad de vida (56).

## **ANEXO 4**

### **Características de los estudios incluidos:**

#### Bolton 2012:

<b>Métodos</b>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<b>Participantes</b>	<i>N.º de participantes aleatorizados=39 Pérdidas: 2 (razones médicas) Edad: mayores de 50 años Escenario: Melbourne, Australia</i>
<b>Intervenciones</b>	<i>Grupo ejercicio (EX) (n=19): 10 min de calentamiento y 10 min de vuelta a la calma con ejercicios y estiramientos moderadamente intensos, seguido de un entrenamiento de 40 min de resistencia, carga de impacto y equilibrio. El <b>entrenamiento de resistencia</b> consistió en ejercicios con una carga de 8 RM realizados de manera lenta y controlada progresando a ejercicios con mayor carga (12 RM) a mayor intensidad. El <b>entrenamiento de impacto</b> se basó en series de 10 saltos, tres veces al día Grupo Control (CON) (n=20): Actividad física habitual Duración y frecuencia: 3 días por semana durante 52 semanas</i>
<b>Medidas de resultados</b>	<i>Cambio % DMO: columna y cadera total BMC: cuerpo total Calidad de vida: AQoL</i>
<b>Notas</b>	<i>Cumplimiento adherencia: 95% Eventos adversos: dolores o lesiones musculoesqueléticas (EX=14; CON=13)</i>

#### Borba Pinheiro 2016:

<b>Métodos</b>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<b>Participantes</b>	<i>N.º de participantes aleatorizados=60 Pérdidas: 10 (abandonos por no cumplimiento del protocolo) Edad: mayores de 50 años Escenario: Tucuruí, Brasil</i>

<i>Intervenciones</i>	<p>Grupo entrenamiento de <b>judo adaptado</b> (AJT) (n=20): estiramientos antes y después de cada sesión, entrenamiento de fuerza, coordinación, ejercicios típicos de judo y práctica de caídas y recepción en el suelo</p> <p>Grupo entrenamiento de <b>Karate adaptado</b> (AKT) (n=20): estiramientos antes y después de cada sesión, entrenamiento de fuerza, coordinación, ejercicios típicos de Karate y práctica de caídas y recepción en el suelo</p> <p>Grupo Control (CON) (n=20): no actividad física</p> <p>Duración y frecuencia: 3 días por semana durante 13 meses</p>
<i>Medidas de resultados</i>	<p>Cambio % DMO: columna, cuello femoral y fémur total</p> <p>Calidad de vida: OPAQ</p>
<i>Notas</i>	<p>Cumplimiento/adherencia: 83%</p> <p>Eventos adversos: no registrados</p>

Borba Pinheiro 2016 (2):

<i>Métodos</i>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<i>Participantes</i>	<p>N.º de participantes aleatorizados=60</p> <p>Pérdidas: 8 (abandonos por no cumplimiento del protocolo)</p> <p>Edad: mayores de 50 años</p> <p>Escenario: Tucuruí, Brasil</p>
<i>Intervenciones</i>	<p>Grupos <b>ejercicio de resistencia</b> (RT2 y RT3) (n=20 y n=20): ejercicios de extremidad inferior a una intensidad de entre 60% y 90% de 10 RM. La diferencia entre grupos es la frecuencia de sesiones semanales.</p> <p>Grupo Control (CON) (n=20): no actividad física</p> <p>Duración y frecuencia: 2 y 3 días semanales respectivamente durante 13 meses.</p>
<i>Medidas de resultados</i>	<p>Cambio % DMO: columna, cuello femoral y fémur total</p> <p>Calidad de vida: OPAQ</p>
<i>Notas</i>	<p>Cumplimiento/adherencia: 87%</p> <p>Eventos adversos: no registrados</p>

Gianoudis 2014:

<i>Métodos</i>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<i>Participantes</i>	<i>N.º de participantes aleatorizados=162</i> <i>Pérdidas: 12 (2 muerte, 2 enfermedad, 5 pérdida de interés, 2 no tiempo, 1 viaje al extranjero)</i> <i>Edad: 60 años</i> <i>Escenario: Melbourne, Australia</i>
<i>Intervenciones</i>	<i>Grupo ejercicio (EX) (n=81): ejercicios de carga/con pesas (8-12-15 reps al 60% RM) y ejercicio de impacto (60 a 180 impactos por sesión)</i> <i>Grupo Control (CON) (n=81): sesiones de educación sobre la osteoporosis y suplementación con calcio</i> <i>Duración y frecuencia: 3 días por semana durante 12 meses</i>
<i>Medidas de resultados</i>	<i>Cambio % DMO: columna y cadera (cuello femoral y cadera total)</i>
<i>Notas</i>	<i>Cumplimiento/adherencia: 93%</i> <i>Eventos adversos: fractura de muñeca (n=1), caídas (EX=46; CON=34) y lesiones musculoesqueléticas (EX=34; CON=6)</i>

Gualano 2014:

<i>Métodos</i>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<i>Participantes</i>	<i>N.º de participantes aleatorizados=74</i> <i>Pérdidas: 14 (razones personales)</i> <i>Edad: ≥ 60 años</i> <i>Escenario: Sao Paulo, Brasil</i>
<i>Intervenciones</i>	<i>Grupo <b>Creatina</b> (CR) (n=18): suplementación creatina</i> <i>Grupo <b>Placebo</b> (PL) (n=18): suplementación dextrosa</i> <i>Grupo <b>Creatina+ejercicio</b> (CR+EX) (n=19): suplementación creatina y entrenamiento de resistencia 8-12 RM (sentadillas, press banca, press pierna...)</i> <i>Grupo <b>Placebo+ejercicio</b> (PL+EX) (n=19): suplementación dextrosa y entrenamiento de resistencia 8-12 RM</i> <i>Duración y frecuencia: 2 días semana durante 24 semanas</i>

<i>Medidas de resultados</i>	<i>Cambio % DMO: columna, cuello femoral, fémur total y cuerpo total.</i>
<i>Notas</i>	<i>Cumplimiento/adherencia: 81% Eventos adversos: dolor o lesión musculoesquelética (n=0)</i>

Korpelainen 2006:

<i>Métodos</i>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<i>Participantes</i>	<i>N.º de participantes aleatorizados=160 Pérdidas: 24 (12 razones médicas, 12 retiro consentimiento) Edad: 70-73 años Escenario: Finlandia</i>
<i>Intervenciones</i>	<i>Grupo ejercicio (EX) (n=84): 15 min calentamiento y 45 min de entrenamiento de fuerza, equilibrio y saltos (saltos y saltos a cajón). Entrenamiento diario de saltos en casa (20 min) Grupo Control (CON) (n=76): actividad habitual Duración y frecuencia: 1 día semana durante 6 meses</i>
<i>Medidas de resultados</i>	<i>Cambio % DMO: Cadera (cuello femoral y subregión trocantérea), radio distal, fémur total y calcáneo BMC: fémur proximal</i>
<i>Notas</i>	<i>Cumplimiento/adherencia: 85% Eventos adversos: fracturas (EX=6; CON=16) y caídas (EX=88; CON=101)</i>

Liu-Ambrose 2004:

<i>Métodos</i>	<i>Tipo de estudio: ECA</i>
<i>Participantes</i>	<i>N.º de participantes aleatorizados=104 Pérdidas: 6 (2 enfermedad, 4 compromiso de tiempo) Edad: 75-85 años Escenario: Vancouver, Canadá</i>
<i>Intervenciones</i>	<i>Grupo <b>entrenamiento resistencia</b> (RT) (n=34): 50 min de entrenamiento progresivo y de alta intensidad empezando por 50-60% de 1 RM (10-15 reps.) y alcanzando progresivamente el 75-85% de 1 RM (6-8 reps.)</i>

	<p>Grupo <b>entrenamiento agilidad</b> (AG) (n=36): 50 min de entrenamiento de equilibrio y coordinación</p> <p>Grupo <b>entrenamiento estiramiento</b> (ES) (n=34): 50 min de técnicas de estiramiento y relajación</p> <p>Duración y frecuencia: 2 días semana durante 25 semanas</p>
Medidas de resultados	Cambio % DMO: Cadera (cuello femoral, cadera total y subregión trocantérea)
Notas	<p>Cumplimiento/adherencia: 94%</p> <p>Eventos adversos: dolores o lesiones musculoesqueléticas (RT=10; AG=4)</p>

Shanb 2014:

Métodos	Tipo de estudio: ECA
Participantes	<p>N.º de participantes aleatorizados=40</p> <p>Pérdidas: ¿?</p> <p>Edad: 60-67 años</p> <p>Escenario: Cairo, Egipto</p>
Intervenciones	<p>Grupo de ejercicio de <b>levantamiento de peso</b> (EX) (n=20): calentamiento 10 min, enfriamiento 5 min y entrenamiento 45 min de ejercicios con carga (sentadillas, press banca, press de pierna...)</p> <p>Grupo <b>ejercicio sin peso</b> (CON) (n=20): calentamiento 10 min, enfriamiento 5 min y entrenamiento 45 min de ejercicios sin carga</p> <p>Duración y frecuencia: 2 días a la semana durante 6 meses</p>
Medidas de resultados	<p>Cambio % DMO: columna, cuello femoral y radio distal</p> <p>Calidad de vida: HRQoL</p>
Notas	<p>Cumplimiento/adherencia: ¿? %</p> <p>Eventos adversos: no registrados</p>

Von Stengel 2005:

Métodos	Tipo de estudio: ECA
Participantes	N.º de participantes aleatorizados=53 Pérdidas: 2 (enfermedad que afecta al metabolismo óseo) Edad: 4-11 años postmenopausia Escenario: Erlangen, Alemania
Intervenciones	Grupo <b>entrenamiento de fuerza</b> (ST) (n=28): 20 min calentamiento (correr) seguido de programa de saltos multidireccionales y ejercicios con carga 70-90% de 1 RM Grupo <b>entrenamiento de potencia</b> (PT) (n=25): la única diferencia es una mayor velocidad de la fase concéntrica <b>Gimnásticos:</b> 60 min de trabajo de fuerza, flexibilidad y coordinación <b>Entrenamiento en casa:</b> 25 min de salto a la comba, estiramientos y ejercicios isométricos Duración y frecuencia: 2 sesiones de PT/ST, 1 de gimnásticos y 1 de entrenamiento en casa durante 12 meses
Medidas de resultados	Cambio % DMO: columna, cadera (cuello femoral y cadera total) y antebrazo
Notas	Cumplimiento/adherencia: 96% Eventos adversos: frecuencia e intensidad del dolor

Von Stengel 2007:

Métodos	Tipo de estudio: ECA
Participantes	N.º de participantes aleatorizados=53 Pérdidas: 7 (5 razones personales, 2 enfermedad) Edad: 4-11 años postmenopausia Escenario: Erlangen, Alemania
Intervenciones	Grupo <b>entrenamiento de fuerza</b> (ST) (n=28): 20 min calentamiento (correr) seguido de programa de saltos multidireccionales y ejercicios con carga 70-92,5% de 1 RM Grupo <b>entrenamiento de potencia</b> (PT) (n=25): la única diferencia es una mayor velocidad de la fase concéntrica



	<p><b>Gimnásticos:</b> 60 min de trabajo de fuerza, flexibilidad y coordinación</p> <p><b>Entrenamiento en casa:</b> 20 min de estiramientos y ejercicios de fuerza realizados en las sesiones de gimnásticos</p> <p>Duración y frecuencia: 2 sesiones de PT/ST, 1 de gimnásticos y 1 de entrenamiento en casa durante 24 meses</p>
Medidas de resultados	Cambio % DMO: columna, cadera (cuello femoral y cadera total) y antebrazo
Notas	Cumplimiento/adherencia: 87% Eventos adversos: frecuencia e intensidad del dolor

Watson 2015:

Métodos	Tipo de estudio: ECA
Participantes	<p>N.º de participantes aleatorizados=72</p> <p>Pérdidas: 4 (2 enfermedad, 1 motivos familiares y 1 no asistencia)</p> <p>Edad: mayores de 60 años</p> <p>Escenario: Brisbane, Australia</p>
Intervenciones	<p>Grupo <b>entrenamiento de fuerza</b> (EX) (n=36): 30min de entrenamiento con saltos, sentadillas y tres ejercicios de halterofilia a una intensidad de 80-85% de 1 RM (deadlift, overhead press y squat)</p> <p>Grupo Control (CON) (n=36): estiramientos y ejercicios muy simples en casa</p> <p>Duración y frecuencia: 2 días a la semana durante 8 meses</p>
Medidas de resultados	Cambio % DMO: columna, cuello femoral y cuerpo total
Notas	Cumplimiento/adherencia: 96% Eventos adversos: dolor o lesiones musculoesqueléticas (n=0)

Watson 2018:

Métodos	Tipo de estudio: ECA
Participantes	N.º de participantes aleatorizados=101 Pérdidas: 15 (8 no asistencia, 5 razones médicas no relacionadas con la intervención y 2 reubicados) Edad: mayores de 58 años Escenario: Brisbane, Australia
Intervenciones	Grupo <b>entrenamiento de fuerza</b> (EX) (n=49): 30min de entrenamiento con saltos, sentadillas y tres ejercicios de halterofilia a una intensidad de 80-85% de 1 RM (deadlift, overhead press y squat) Grupo Control (CON) (n=52): estiramientos y ejercicios muy simples en casa Duración y frecuencia: 2 días a la semana durante 8 meses
Medidas de resultados	Cambio % DMO: columna y cuello femoral
Notas	Cumplimiento/adherencia: 85% Eventos adversos: fracturas (n=0), caídas (EX=5; CON=2) y dolor de espalda tras una repetición

**ANEXO 5**

Nomenclatura	Significado
<b>EX</b>	Grupo intervención
<b>CON</b>	Grupo control
<b>AJT</b>	Grupo intervención, judo
<b>AKT</b>	Grupo intervención, karate
<b>RT3</b>	Grupo intervención, entrenamiento de resistencia 3 veces por semana
<b>RT2</b>	Grupo intervención, entrenamiento de resistencia 2 veces por semana
<b>PL</b>	Grupo placebo
<b>CR</b>	Grupo creatina
<b>PL+RT</b>	Grupo placebo + entrenamiento de resistencia
<b>CR+RT</b>	Grupo creatina + entrenamiento de resistencia
<b>AG</b>	Grupo entrenamiento de agilidad
<b>ES</b>	Grupo entrenamiento de estiramientos
<b>ST</b>	Grupo entrenamiento de fuerza
<b>PT</b>	Grupo entrenamiento de potencia