

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

“Evidencia científica del ejercicio terapéutico en la osteoporosis postmenopáusica. Revisión bibliográfica”

AUTOR: Bonilla Arenas, Alborada

Nº expediente: 2377

TUTOR: María Isabel Tomás Rodríguez

Departamento de patología y cirugía. Área de Fisioterapia

Curso académico 2020 - 2021

Convocatoria de Junio

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	6
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
5. RESULTADOS.....	9
6. DISCUSIÓN.....	12
7. CONCLUSIÓN.....	16
8. ANEXOS.....	17
1) Anexo I. <i>Tabla de autores de la revisión bibliográfica</i>	17
2) Anexo II. <i>Tabla de las estrategias de búsqueda</i>	28
3) Anexo III. <i>Figura 1. Diagrama de selección de estudios</i>	29
4) Anexo IV. <i>Tabla de ejercicios detallados</i>	30
5) Anexo V. <i>Tablas protocolos de ejercicios más detallados</i>	36
6) Anexo VI. <i>Figura 2. Diseño de un programa de ejercicios</i>	38
9. BIBLIOGRAFÍA.....	41

1. RESUMEN

Introducción: La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por un deterioro estructural del tejido óseo, que conduce a mayor fragilidad y susceptibilidad a fracturas. La osteoporosis postmenopáusicas (OP) es la causa más común de fracturas por fragilidad. El tratamiento de las pacientes que sufren esta enfermedad abarca intervenciones farmacológicas y no farmacológicas. En estas últimas se incluye el ejercicio terapéutico.

Objetivos: Revisar la evidencia científica acerca de los diferentes tipos de ejercicio utilizados en la OP, determinando las variables e instrumentos de medida utilizados, así como las pautas generales y las precauciones a tener en cuenta para su realización.

Material y métodos: Se realizó la búsqueda en las bases de datos Pubmed, Scopus y PEDro. Los artículos revisados fueron evaluados con la escala Jadad.

Resultados: Se encontraron 19 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. La variedad de modalidades de ejercicios utilizados fue amplia: ejercicios de alto impacto, ejercicios en plataforma vibratoria, ejercicios de resistencia, ejercicios de equilibrio, ejercicio aeróbico, ejercicio de fortalecimiento muscular y combinación de varios grupos anteriores. Respecto a las variables de medida más frecuentes fueron la densidad mineral ósea (DMO) y el equilibrio.

Conclusiones: Se vieron mejoras significativas en la DMO con los ejercicios de alto impacto en agua, ejercicio aeróbico escalonado, ejercicios de resistencia, ejercicios en plataforma vibratoria y la combinación de diferentes tipos. Para trabajar el equilibrio se recomendaron ejercicios de equilibrio y fortalecimiento muscular combinados. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales para sacar conclusiones definitivas.

Palabras clave: “Postmenopausal osteoporosis”, “exercise therapy”, “physical activity”.

ABSTRACT

Introduction: Osteoporosis is a disease characterized by structural deterioration of bone tissue, leading to increased fragility and susceptibility to fractures. Postmenopausal osteoporosis (PO) is the most common cause of fragility fractures. Treatment of patients suffering from this disease includes pharmacological and non-pharmacological interventions, including therapeutic exercise in the last one.

Objectives: To review the scientific evidence on the different types of exercise used in PO, determining the variables and measuring instruments used, as well as the general guidelines and precautions to be taken into account when performing them.

Material and methods: The databases Pubmed, Scopus and PEDro were searched. The articles reviewed were evaluated with the Jadad scale.

Results: 19 articles were found that met the inclusion criteria. The variety of exercise modalities used was wide: high impact exercise, exercises on a vibrating platform, resistance exercise, balance exercise, aerobic exercise, muscle strengthening exercise and combination of several previous groups. Regarding the most frequent measurement variables were bone mineral density (BMD) and balance.

Conclusions: Significant improvements in BMD were seen with high impact exercises in water, step aerobics exercise, resistance exercises, exercises on a vibrating platform and the combination of different types. For balance work, combined balance and muscle strengthening exercises were recommended. However, further studies are needed to draw definitive conclusions.

Key words: “Postmenopausal osteoporosis”, “exercise therapy”, “physical activity”.

2. INTRODUCCIÓN

La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por una baja DMO y un deterioro estructural del tejido óseo, que conduce a la fragilidad ósea y una mayor susceptibilidad a las fracturas. La pérdida de hueso es sintomáticamente silenciosa y progresiva hasta que ocurre una fractura ósea o una fractura por fragilidad (definida como una fractura resultante de un traumatismo leve) (Marini et al., 2019).

En Europa, el coste médico directo de las fracturas relacionadas con la osteoporosis se ha estimado en 31.700 millones de euros al año (Jepsen et al., 2018). Estas ocurren principalmente en la columna y en el cuello femoral. Otras condiciones comúnmente asociadas con la osteoporosis incluyen dolor de espalda, funciones físicas reducidas y deficiencias psicosociales (ansiedad y depresión entre otras), así como deformidades espinales como la cifosis (Khalili et al., 2017).

Los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para diagnosticar esta enfermedad se basan en la medición de la DMO del área. La OMS consideró en 1994 que se padece osteoporosis cuando la medida de la DMO es igual o está por debajo de -2,5 desviaciones estándares (T-score menor o igual a -2,5 DE) respecto de la media de DMO durante el pico de masa ósea (García-Gomáriz et al., 2018).

Esta enfermedad es un problema de salud mundial, alrededor de 200 millones de personas en el mundo la padecen. La prevalencia de ésta en mujeres posmenopáusicas es de aproximadamente 20% (Khalili et al., 2017). Las mujeres tienen más probabilidades de padecer osteoporosis debido a la liberación endógena de hormonas sexuales y a un déficit en la ingesta de calcio. Además del género, otros factores de riesgo asociados a esta enfermedad son la herencia genética, edad, deficiencia de calcio, consumo excesivo de tabaco y alcohol, enfermedades y medicamentos que tienen efectos secundarios relacionados con la baja DMO y la inactividad física (Bijelic et al., 2017).

La remodelación ósea en el organismo es un proceso dinámico. Se lleva a cabo mediante el acoplamiento de los procesos de modelado de reabsorción y modelado de formación. Los osteoblastos (modelado de formación) y los osteoclastos (modelado de reabsorción) son los dos tipos de células responsables del metabolismo óseo y las interacciones entre los dos tipos reflejan el mantenimiento de la integridad ósea (Wen et al., 2017). El proceso de remodelación se puede dividir en cinco fases: activación, reabsorción,

reversión, formación y terminación. Las células precursoras de osteoclastos se reclutan de la circulación y se activan. La fase de reabsorción finaliza con la muerte celular programada por los osteoclastos, lo que garantiza que no se produzca un exceso de reabsorción. La superficie ósea recién reabsorbida se prepara para la deposición de nueva matriz ósea y se produce una señalización adicional que acopla la reabsorción a la formación, asegurando que no haya pérdida de hueso. La formación de hueso nuevo se puede dividir en dos partes. En primer lugar, los osteoblastos sintetizan y secretan una matriz osteoide rica en colágeno tipo 1. En segundo lugar, los osteoblastos desempeñan un papel en la regulación de la mineralización osteoide. Una vez que se completa la mineralización, los osteoblastos sufren apoptosis (Kenkre & Bassett., 2018).

La osteoporosis postmenopáusica (OP) es la causa más común de fracturas por fragilidad, se define como un trastorno sistémico del esqueleto caracterizado por una pérdida progresiva de masa ósea como consecuencia de la deficiencia de estrógenos que se presenta en las mujeres después de la menopausia (Pasqualini et al., 2019). Esta afecta a millones de mujeres en todo el mundo, aproximadamente 1,5 millones en Estados Unidos (García-Gomáriz et al., 2018).

Se trata de un trastorno progresivo. Muchas pacientes padecen un periodo de disminución de masa ósea llamado osteopenia antes de ser clasificadas como afectadas por osteoporosis. Se habla de osteopenia cuando el valor de la DMO se encuentra entre $-1,0$ y $-2,4$ desviaciones estándares respecto de la media de DMO durante el pico de masa ósea. Además, una proporción importante de fracturas por fragilidad se produce en este periodo (Pasqualini et al., 2019).

La menopausia es uno de los eventos más importantes en la vida de una mujer que trae consigo varios cambios fisiológicos permanentes con consecuencias para la salud. Este evento ocurre en el ciclo climatérico, que es la transición del período reproductivo al no reproductivo. Es el momento del último período menstrual, seguido de amenorrea durante 12 meses. La posmenopausia describe el período que sigue a la última menstruación (Dionello et al., 2016).

El tratamiento de los pacientes que sufren esta enfermedad debe ser integral e incluye intervenciones farmacológicas y no farmacológicas. Los medicamentos antiosteoporóticos (Alendronato, Risedronate, Ibandronato) reducen el riesgo de fracturas al influir en los mecanismos de remodelación ósea. Estos fármacos reducen el riesgo de fracturas vertebrales en un 30-70%, las fracturas de cadera en un 20-40% y las fracturas no vertebrales en un 15-20%. Dentro de las intervenciones no farmacológicas se incluye el ejercicio físico (Evstigneeva et al., 2016).

Se han establecido bien los efectos perjudiciales de un estilo de vida sedentario y los efectos favorables de la actividad física (AF) sobre la masa ósea. De hecho, se ha demostrado que la aplicación de una carga mecánica produce un engrosamiento del hueso trabecular y cortical y, en consecuencia, una mejora en la densidad y resistencia ósea (Daly et al., 2019). Además, la AF también mejora la fuerza muscular, la flexibilidad, la coordinación, el equilibrio, el tiempo de reacción y la resistencia, lo que en conjunto se traduce en un menor riesgo de caídas (Pasqualini et al., 2019).

Puesto que uno de los tratamientos para la osteoporosis es la AF o ejercicio físico, con el presente estudio vamos a tratar de definir cuáles son los tipos de ejercicios más recomendables y las pautas de dosificación para realizar en mujeres con OP. Dado que el ejercicio físico en este trabajo es considerado una herramienta terapéutica, cuando aparezca en el texto lo nombraremos como ejercicio terapéutico (ET).

3. OBJETIVOS

- ***Objetivo general***

Realizar una revisión de la bibliografía existente acerca de las diferentes intervenciones con ET para prevenir y tratar la osteoporosis en mujeres postmenopáusicas.

- ***Objetivos específicos***

- a) Identificar qué tipo de intervenciones con ET tienen mayor evidencia científica.
- b) Determinar los instrumentos y variables de medida utilizados en los estudios revisados.
- c) Determinar las pautas generales para la realización del ejercicio y precauciones a tener en cuenta.
- d) Evaluar la calidad metodológica de los artículos incluidos en esta revisión.
- e) Diseñar, a partir de la bibliografía revisada, un programa de ejercicios de equilibrio y fortalecimiento muscular para mujeres mayores de 65 años con osteoporosis, orientado a disminuir el riesgo de caídas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el COIR para TFGs: TFG.GFI.MITR.ABA.210212.

Diseño

Este estudio ha consistido en una revisión bibliográfica de estudios científicos en las bases de datos Pubmed, Scopus y PEDro.

Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Artículos en inglés y español.
- Texto completo.
- Publicados en los últimos 5 años.
- Ensayos clínicos y ensayos controlados aleatorios.

Criterios de exclusión

- Estudios que no ofrezcan información precisa sobre la metodología empleada y/o los resultados obtenidos.
- Estudios no accesibles.
- Artículos donde no se habla del ET en la osteoporosis en mujeres postmenopáusicas.
- Artículos relacionados con otra enfermedad.
- Técnicas como Taichí.

Metodología

Se realizó una búsqueda bibliográfica los días 12/02/2021 y 13/02/2021 en distintas bases de datos:

PUBMED

Se utilizaron los descriptores postmenopausal osteoporosis, exercise therapy, physical activity (MeSH) unidos a los operadores booleanos AND y OR ayudando así a incrementar la eficacia de la búsqueda bibliográfica.

La ecuación de búsqueda fue (((postmenopausal osteoporosis) AND (exercise therapy)) OR ((postmenopausal osteoporosis) AND (physical activity))).

SCOPUS

Se utilizaron los descriptores postmenopausal osteoporosis, exercise therapy, physical activity (MeSH) unidos a los operadores booleanos AND y OR ayudando así a incrementar la eficacia de la búsqueda bibliográfica.

La ecuación de búsqueda fue ((TITLE-ABS-KEY (postmenopausal AND osteoporosis) AND TITLE-ABS-KEY (exercise AND therapy) OR TITLE-ABS-KEY (postmenopausal AND osteoporosis) AND TITLE-ABS-KEY (physical AND activity)).

PEDRO

Se utilizaron los descriptores postmenopausal osteoporosis, exercise therapy, physical activity (MeSH).

La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó a través de la escala Jadad, que evalúa de 0-5 según los criterios metodológicos. **Anexo I.** *Tabla de autores de la revisión bibliográfica.*

En el **Anexo II.** *Tabla de las estrategias de búsqueda* se puede observar las diferentes estrategias de búsqueda utilizadas y sus resultados.

5. RESULTADOS

Al realizar la búsqueda en las bases de datos mencionadas anteriormente, se obtuvieron un total de 2741 artículos, de los cuales 1629 pertenecían a la base de datos de Pubmed, 1108 pertenecían a Scopus y 4 a PEDro. Tras aplicar los criterios de inclusión se eliminaron un total de 2641 artículos. Posteriormente, se aplicaron los criterios de exclusión dando como resultado 57 artículos eliminados por título y resumen, 10 artículos eliminados por estar relacionados con otra enfermedad, 6 artículos eliminados por no estar disponibles y 1 artículo eliminado por utilizar Taichí. De esta manera, desechamos 74 artículos y nos quedamos con 26 artículos de los cuales 7 estaban duplicados, por lo que finalmente obtuvimos 19 artículos que incluimos en esta revisión. Hay destacar que eran 3 ensayos clínicos y 16 ensayos controlados aleatorizados. **Anexo III. Figura 1.** *Diagrama de selección de estudios para su inclusión en la revisión.*

Respecto al tamaño de la muestra utilizado en los estudios, hubo una gran variabilidad observando valores N (muestra) entre 20 (Sundh et al., 2018) y 400 participantes (Gonzalo-Encabo et al., 2019). En cuanto al tipo de población, todos los participantes fueron mujeres postmenopáusicas que podían tener osteoporosis, osteopenia o ser sanas. Algunas de ellas incluso habían tenido fracturas osteoporóticas. El rango de edad se encontraba entre 40 y 75 años.

En referencia a los tipos de ejercicio terapéutico empleados en los diferentes estudios, se observaron siete grupos diferenciados que se dividieron en ejercicio de alto impacto (dominadas con salto, saltos con una y ambas piernas, saltos en el agua y saltos a la comba), ejercicios de resistencia (mancuernas, máquinas y theraband), ejercicios de equilibrio (ejercicios de apoyo visual variable, postura en una sola pierna, etc.), ejercicio aeróbico (caminar, andar en bicicleta...), ejercicio en plataforma vibratoria, ejercicio de fortalecimiento muscular (abdominales, flexiones, entre otros) y una combinación de varios de los grupos anteriores. En primer lugar, encontramos que 3 artículos utilizaron los ejercicios de alto impacto (Aboarrage Junior et al., 2018; Sen et al., 2020; Sundh et al., 2018). Respecto a los ejercicios de resistencia encontramos 1 artículo (Borba-Pinheiro et al., 2016). Por otro lado, 1 artículo aplicó ejercicios de equilibrio (Dizdar et al., 2018). El ejercicio aeróbico también se llevó a cabo en 3 artículos

(Dizdar et al., 2018; Gonzalo-Encabo et al., 2019; Wen et al., 2017). Además, 2 artículos utilizaron ejercicio sobre plataforma vibratoria (Sen et al., 2020; Jepsen et al., 2018). También 1 artículo utilizó ejercicios de fortalecimiento muscular (Dizdar et al., 2018). Por último, la combinación de varios de los grupos anteriores se realizó en 11 artículos (Watson et al., 2018; García-Gomáriz et al., 2018; Pasqualini et al., 2019; Marini et al., 2019; Bragonzoni et al., 2020; Koevska et al., 2019; Giangregorio et al., 2018; Otero et al., 2017; Aveiro et al., 2017; Mikó et al., 2017; Filipovic et al., 2020). Esta información se encuentra detallada en **Anexo IV. Tabla de ejercicios detallados.**

Los tiempos entre los que oscilaban los programas fueron entre 10 y 52 semanas. Se llevaron a cabo 2 o 3 veces a la semana y su duración rondó entre los 12 y los 90 minutos.

Las variables de medida más estudiadas fueron la DMO y el equilibrio. El resto de variables se pueden observar en el **Anexo I. Tabla de autores de la revisión bibliográfica.** Como instrumentos de medida, se utilizaron múltiples pruebas y cuestionarios siendo los más frecuentes: la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) que se utilizó para medir la DMO y el Test cronometrado up-and-go (TUG) para valorar el equilibrio. En este test se mide el tiempo necesario para levantarse de la silla, caminar hasta la marca situada a 3 metros, darse la vuelta y sentarse nuevamente.

Las pautas generales y precauciones a tomar en cuenta a la hora de realizar ejercicio fueron: en primer lugar, que estuviera supervisado por fisioterapeutas o técnicos licenciados en ciencias de la actividad física y del deporte. Además, su realización debía ser constante, progresiva y adecuada a las posibilidades de cada persona. Por otra parte, todas las sesiones debían constar de un periodo de calentamiento antes del protocolo de ejercicio a realizar y después de esos ejercicios, un periodo de enfriamiento con estiramientos para alcanzar la relajación después de la actividad física.

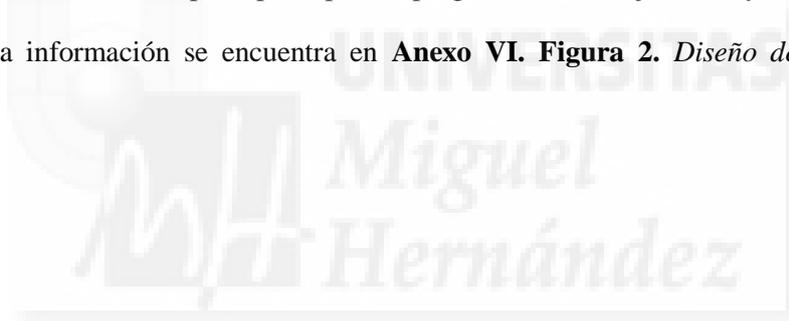
Además, hay que tener en cuenta una serie de especiales cuidados con las personas que tienen riesgo de fractura. Se recomienda eliminar del entorno del paciente con osteoporosis todos aquellos objetos que puedan facilitar caídas. Otros aspectos importantes son llevar un calzado adecuado. No son recomendables los saltos en pacientes que han sufrido fracturas vertebrales y se deberían sustituir por

otro tipo de ejercicio que ese paciente pueda realizar (ejercicios de fortalecimiento muscular o ejercicios de equilibrio).

Respecto a la calidad de los estudios medida según la Escala de Jadad, se observó que 2 artículos obtuvieron un 1/5, 1 artículo obtuvo un 2/5, 7 artículos obtuvieron un 3/5 y 9 artículos obtuvieron un 5/5.

En el **Anexo V. Tablas protocolos de ejercicios más detallados**, se pueden observar el protocolo de ejercicios que se realizó en los artículos: Dizdar et al., 2018; Aveiro et al., 2017; ya que fueron los únicos autores que explicaban los ejercicios que hicieron con más detalle.

Además, en este trabajo se ha realizado un programa sobre ejercicios de equilibrio y fortalecimiento muscular para trabajar el equilibrio en mujeres mayores de 65 años con osteoporosis postmenopáusica. Consta de un calentamiento, una parte principal del programa con los ejercicios y un enfriamiento para finalizar. Toda la información se encuentra en **Anexo VI. Figura 2. Diseño de un programa de ejercicios.**



6. DISCUSIÓN.

El objetivo de este trabajo fue investigar las diferentes modalidades de ET que se emplean como tratamiento y prevención de la OP, determinando las variables e instrumentos de medida utilizados en los artículos revisados.

La variedad de modalidades de ejercicio que se utilizaron fue muy amplia porque dependió de la variable que se quería mejorar. Pasqualini, Aboarrage, García-Gomariz, Wen, Borba-Pinheiro y Jepsen cuando miden la DMO lumbar y del cuello femoral vieron que el ejercicio aeróbico escalonado, los ejercicios de alto impacto en el agua, los ejercicios sobre plataforma vibratoria, los ejercicios de resistencia y la combinación de varios tipos de ejercicio diferentes provocaron mejoras en esta (Pasqualini et al., 2019; Aboarrage Junior et al., 2018; García-Gomáriz et al., 2018; Wen et al., 2017; Borba-Pinheiro et al., 2016; Jepsen et al., 2018). Sin embargo, Watson utilizó el mismo tipo de ejercicio que García-Gomáriz (ejercicios de alto impacto combinados con ejercicios de resistencia) y no observó una mejoría de la DMO, pero sí un mantenimiento de esta. Esto podría ser debido a que Watson lo llevó a cabo con mujeres con baja masa ósea y García-Gomáriz con mujeres sanas (Watson et al., 2018; García-Gomáriz et al., 2018). Por otro lado, Gonzalo-Encabo en su estudio encontró una disminución en la DMO total y como posible causa encontraríamos que la mayoría de las mujeres practicaban la caminata como ejercicio aeróbico, lo que ha demostrado ser un estímulo insuficientemente fuerte para ayudar a preservar la DMO (Gonzalo-Encabo et al., 2019). Además, Sen y Sudh utilizaron un programa de ejercicios de alto impacto que finalmente no consiguió mejora de la DMO, pero sí un aumento del índice de resistencia del material óseo (Sen et al., 2020; Sundh et al., 2018). Otero, Dizdar, Aveiro y Mikó midieron el equilibrio como variable de estudio. Se observó que los ejercicios de equilibrio mejoraban esta variable tanto en estático como en dinámico, pero la combinación de ejercicios de equilibrio y ejercicios fortalecimiento muscular de miembros inferiores ha resultado ser mejor para trabajar el equilibrio (Otero et al., 2017; Dizdar et al., 2018; Aveiro et al., 2017; Mikó et al., 2017). Además, los ejercicios terrestres combinados que implican mayor carga deben estar asociados con un programa de ejercicios en agua y no únicamente la realización de entrenamiento en agua porque es probable que por sí solos no proporcionen suficiente

carga de impacto y, por tanto, suficientes estímulos osteogénicos (Aveiro et al., 2017). Un dato interesante que se vio en el estudio de Dizdar es que los ejercicios de fortalecimiento ayudaban a paliar el dolor de espalda (Dizdar et al., 2018). Respecto a los ejercicios en plataforma vibratoria, existieron discrepancias entre los hallazgos de la efectividad de estos ejercicios en el cuello femoral y la columna lumbar, esto podría explicarse por las diferencias en las transmisiones de la señal de vibración de una región anatómica a otra. Además, la intensidad de vibración y la frecuencia óptima para estimular la formación de hueso en los seres humanos sigue sin estar totalmente clara.

Respecto a la frecuencia de los ejercicios, Borba-Pinheiro con su estudio de un programa de resistencia examinó cual era más conveniente utilizar para mejorar la DMO. Uno de los grupos lo hacía 3 veces a la semana, otro 2 veces y el tercer grupo no realizaba ningún tipo de ejercicio. En este estudio se vio que la DMO de todas las variables analizadas fueron significativamente mejor en el grupo que realizaba 3 veces a la semana y también mostró que el grupo que lo hacía dos veces mejoró en comparación con el grupo control (Borba-Pinheiro et al., 2016), por ello podemos decir que sería recomendable practicarlo 3 veces por semana según indica la evidencia científica. Por otro lado, en cuanto a la duración de las sesiones, Gonzalo-Encabo analizó la eficacia del ejercicio aeróbico en la DMO con dos grupos de estudio que tenían dosis diferentes: altas (60 minutos por sesión) o moderadas (30 minutos por sesión). Vio que el grupo de dosis altas presentaban unos valores de DMO superiores en comparación con el grupo de dosis moderadas (Gonzalo-Encabo et al., 2019).

Algunas de las limitaciones que se encontraron en los estudios revisados fueron la falta de cegamiento de los datos o ser estudios no aleatorios y esto hace que se puedan producir sesgos. Otras limitaciones muy frecuentes fueron la corta duración, un tamaño de muestra pequeño y la necesidad de un grupo control. Además de que la mayor parte de los artículos revisados concluyen diciendo que es necesario realizar intervenciones adicionales para confirmar y definir con mayor precisión conclusiones definitivas para validar esos hallazgos observados.

En cuanto a las muestras, se encontró mucha variabilidad. Hubo artículos que tenían 400 participantes y otros tan solo 20, por lo que es difícil comparar los resultados de unos artículos con otros. Lo mismo ocurre con los tiempos entre los que oscilaban los programas, ya que uno duró 10 semanas y otro llegó

a las 52 semanas. Respecto a la frecuencia que se llevaron a cabo, en la mayoría se realizaron 2 o 3 veces a la semana y las duraciones más comunes fueron 30 minutos o 1 hora.

Con respecto a las tablas de ejercicios, tan sólo 2 artículos, que se muestran en el **Anexo V. Tablas protocolos de ejercicios más detallados**, son los que definían concretamente los parámetros que utilizaron y por eso se han decidido añadir en esta revisión.

En lo que se refiere a las variables de medida, se ha visto que hay una gran heterogeneidad. Las más utilizadas en los estudios han sido la DMO y el equilibrio medidas con diferentes instrumentos. Para evaluar la DMO se utilizó la DXA. El equilibrio fue medido en la mayoría de casos por la prueba TUG, aunque autores como Marini utilizó la escala de Tinetti u Otero que medió por separado el equilibrio estático con la postura monopodal ciega y el dinámico con la prueba “8 pies arriba y adelante” (Marini et al., 2019; Otero et al., 2017). Sin embargo, Dizdar utilizó además una plataforma de equilibrio y la escala del equilibrio de Berg (Dizdar et al., 2018). Mikó, por su parte, añadió las pruebas de Romberg para el equilibrio dinámico (Mikó et al., 2017).

Respecto a las pautas y precauciones a tener en cuenta, hay que destacar la supervisión de un profesional capacitado en la realización del ejercicio físico en cuestión. Se sabe que la adherencia al ejercicio parece mayor entre los estudios que incluyen supervisión (Watson et al., 2018) y el papel de los formadores es fundamental para motivar y fomentar la participación. Además, los ejercicios deben practicarse con regularidad porque con la edad el tejido muscular disminuye, así como la fuerza de los músculos y las capacidades físicas. Por tanto, el ejercicio mantiene la condición física, la movilidad y fomenta la interacción social, y esto contribuye a una mejor calidad de vida. Otro aspecto a tener en cuenta, es la importancia de realizar un calentamiento y un enfriamiento para evitar lesiones. Un buen calentamiento podría durar unos 10 minutos y consistiría en estiramientos y movimientos de movilidad articular de todo el cuerpo y para concluir un enfriamiento de unos 10 minutos con estiramientos y ejercicios respiratorios de relajación.

Por otra parte, la calidad metodológica de los artículos fue muy variable, ya que alrededor de la mitad de los artículos revisados obtenían la máxima puntuación en la escala Jadad, pero otros tan solo llegaban a 1 o 2 puntos sobre 5.

Otro objetivo del presente trabajo fue diseñar un programa de ejercicios de equilibrio y fortalecimiento muscular para mujeres mayores de 65 años con osteoporosis. Se ha elegido esta población concreta, ya que normalmente con la edad se tiene más riesgo de tener caídas y estas pueden llevar a fracturas osteoporóticas. Se ha decidido que sean clases grupales porque cuando los pacientes trabajan juntos la motivación y la interacción social es mayor. En lo que respecta a la duración del programa, se ha elegido 1 hora puesto que si el programa fuera de más tiempo la adherencia de los pacientes sería menor. Además, se ha establecido una frecuencia de 3 veces a la semana y la mayor parte de los ejercicios que se proponen son de los artículos revisados que utilizaban este tipo de entrenamiento (Otero et al., 2017; Aveiro et al., 2017; Mikó et al., 2017).

SESGOS Y LIMITACIONES

Respecto a las limitaciones y sesgos en esta búsqueda bibliográfica realizada, hay que destacar que los artículos realizados son muy heterogéneos debido a que los tipos de intervención realizada, frecuencia, intensidad y duración del programa han variado según las fuentes y el tamaño de muestras. Además, la revisión se ha realizado consultando solo 3 bases de datos y se limitó a los artículos de los últimos 5 años.

7. CONCLUSIÓN

En la presente revisión bibliográfica se mostró una amplia heterogeneidad tanto en el ET para la OP como en el tamaño de las muestras y los tiempos utilizados en los programas. Algunas conclusiones sacadas sobre los diferentes tipos de ejercicios y su dosificación fueron:

- ✓ Los ejercicios de alto impacto en el agua, el ejercicio aeróbico escalonado, los ejercicios en plataforma vibratoria, los ejercicios de resistencia y la combinación de diferentes tipos de ejercicio provocaron mejoras en la DMO lumbar y del cuello femoral.
- ✓ La caminata como ejercicio aeróbico demostró ser un estímulo insuficientemente fuerte para preservar la DMO.
- ✓ Los ejercicios de alto impacto fuera del agua no consiguieron mejora de la DMO, pero sí un aumento del índice de resistencia del material óseo.
- ✓ La combinación de ejercicios de equilibrio y ejercicios de fortalecimiento muscular de miembros inferiores proporcionó los mejores resultados en los parámetros de medición del equilibrio.
- ✓ Los ejercicios combinados en el agua deben ir asociados a ejercicios terrestres con mayor carga para producir efectos osteogénicos.
- ✓ Los ejercicios de fortalecimiento muscular parecen ser efectivos para el dolor de espalda.
- ✓ Los parámetros que han mostrado ser más eficaces son la realización del ejercicio 3 veces a la semana con una duración de 60 minutos por sesión.

Las variables de medida más comunes fueron la DMO y el equilibrio. Los instrumentos de medida para medir esas variables más utilizados fueron la DXA y la prueba TUG.

El ET tiene que estar supervisado por un profesional, ser constante, gradual, adecuado a la persona y debe ir precedido de un calentamiento y finalizar con un enfriamiento.

Respecto a la calidad metodológica de los artículos revisados, fue muy heterogénea y son necesarios la realización de estudios adicionales para definir con mayor precisión conclusiones definitivas.

8. ANEXOS

Anexo I. Tabla de autores de la revisión bibliográfica.

AUTOR (AÑO)	TÍTULO	TIPO DE ESTUDIO	N (MUESTRA)	OBJETIVOS	VARIABLES MEDIDAS	INSTRUMENTOS MEDIDOS	ÍNDICE DE IMPACTO (JADAD)	CONCLUSIÓN
Bragonzoni L, et al. (2020)	A Randomized Clinical Trial to Evaluate the Efficacy and Safety of the ACTLIFE ¹ Exercise Program for Women with Post-menopausal Osteoporosis: Study Protocol	Ensayo controlado aleatorio	N: 52 IHT ² : 26 GGT ³ : 26	Evaluar la eficacia de un programa de actividad física (de 12 meses de duración) diseñado para mejorar la calidad de vida de las mujeres con osteoporosis posmenopáusica cuando se administra IHT o GGT	1. QoL ⁴ 2. Índice de masa corporal 3. Impedancia 4. Discapacidad 5. Actividad física	1. ECOS-16 ⁵ 2. Peso corporal al cuadrado 3. Análisis de bioimpedancia 4. WHODAS ⁶ 5. PASE ⁷	5/5	Los hallazgos de este estudio destacan las ventajas y desventajas de hacer ejercicio en dos entornos diferentes y proporcionarán evidencia sobre cómo aumentar la actividad física en mujeres osteoporóticas
Filipović T, et al. (2020)	Effects of 12-Week Exercise Program on Enzyme Activity of Serum Matrix Metalloproteinase-9 and Tissue Inhibitor of Metalloproteinase-1 in Female Patients with Postmenopausal	Ensayo controlado aleatorio	N: 74 GC ⁸ : 37 GE ⁹ : 37	Validar la efectividad de un programa de ejercicio específicamente diseñado para la rehabilitación de pacientes osteoporóticas	1. Actividad enzimática del suero MMP-9 2. Actividad enzimática TIMP-1	1. Muestra de sangre y posterior electroforesis 2. ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA)	3/5	Los resultados sugieren que un programa de ejercicio de 12 semanas influye en la actividad enzimática de la MMP-9 sérica, lo que revela un

	Osteoporosis: A Randomized Control Study			posmenopáusicas basado en una evaluación cuidadosa de la actividad enzimática del suero MMP-9 y TIMP-1 al inicio y después del período de 12 semanas				posible papel de las MMP en el inicio de la adaptación específica al entrenamiento
Sen EI, et al. (2020)	Effects of whole-body vibration and high impact exercises on the bone metabolism and functional mobility in postmenopausal women	Ensayo controlado aleatorio	N: 58 Grupo WBV ¹⁰ : 19 Grupo entrenamiento de alto impacto: 19 Grupo control: 20	Determinar los efectos de WBV y los ejercicios de alto impacto en mujeres posmenopáusicas	1. DMO columna lumbar, cuello femoral y cadera 2. Niveles de colágeno tipo I 3. Movilidad funcional e índice de caída 4. Calidad de vida y depresión	1. DXA 2. Muestras de sangre 3. TUG 4. QUALEFFO y BDI ¹¹	5/5	Los datos sugieren que el WBV puede prevenir la pérdida ósea en mujeres posmenopáusicas. Estos hallazgos también indican que la WBV y los programas de entrenamiento de alto impacto mejoran la movilidad funcional, la calidad de vida y los síntomas depresivos en mujeres posmenopáusicas

Gonzalo-Encabo P, et al. (2019)	Dose-response effects of exercise on bone mineral density and content in post-menopausal women	Ensayo controlado aleatorio	N: 400 Grupo dosis altas: 200 Grupo dosis moderadas: 200	Examinar los efectos de prescribir diferentes volúmenes de ejercicio sobre la densidad y el contenido mineral óseo en mujeres posmenopáusicas inactivas	1. DMO de todo el cuerpo 2. Características (medicamentos, uso hormonas exógenas...) 3. Dieta	1. DXA 2. BHQ ¹² 3. Canadian Diet History Questionnaire ¹⁹	5/5	Los hallazgos sugieren que los volúmenes más altos de ejercicio, especialmente el ejercicio de impacto, conducen a una disminución menor en la densidad mineral ósea total, que puede permanecer después de la finalización de la intervención
Marini S, et al. (2019)	Proposal of an Adapted Physical Activity Exercise Protocol for Women with Osteoporosis-Related Vertebral Fractures: A Pilot Study to Evaluate Feasibility, Safety, and Effectiveness	Ensayo clínico controlado	N: 44 Grupo APA ¹³ : 26 Grupo GC: 18	Determinar la viabilidad y seguridad de un protocolo de APA y su efecto sobre la CVRS ¹⁴ , el miedo a las caídas, el dolor y el rendimiento físico en mujeres con osteoporosis	1. CRVS 2. Miedo a la caída 3. Dolor lumbar de espalda 4. Capacidad de ejercicio funcional 5. Equilibrio y marcha 6. Flexibilidad de la columna	1. ECOS-16 ¹⁵ 2. FES-I ¹⁶ 3. VAS ¹⁷ 4. 6MWT ¹⁸ , escala de Borg 5. Escala de Tinetti 6. Silla Sit-and-Reach	1/5	El protocolo de ejercicio propuesto se puede adoptar en los programas de APA dirigidos a pacientes con fracturas vertebrales relacionadas con la osteoporosis
Pasqualini L, et al. (2019)	Effects of a 3-month weight-bearing and resistance exercise	Ensayo clínico	N: 35	Explorar si un programa de ejercicios con	1. Altura, peso corporal y cintura	1. BOD POD Y balanza digital integrada	1/5	El programa de ejercicios que probamos es capaz

	training on circulating osteogenic cells and bone formation markers in postmenopausal women with low bone mass			carga y resistencia podría afectar positivamente las OCs ¹⁹ , los marcadores de formación ósea y QoLen mujeres posmenopáusicas osteopénicas	2. DMO en columna lumbar y cuello femoral 3. Marcadores de remodelación ósea 4. Rendimiento físico 5. Calidad de vida	2. DXA 3. Muestras de sangre 4. Medidas de rendimiento 5. QUALEFFO ²⁰ escala -41		de aumentar los marcadores de formación ósea y el compromiso de las OC inmaduras sin un aumento significativo de los marcadores de resorción ósea
Koevska V, et al. (2019)	Effect of Exercises on Quality of Life in Patients with Postmenopausal Osteoporosis – Randomized Trial	Ensayo clínico	N: 92	Evaluar la efectividad de los ejercicios para la osteoporosis en la calidad de vida en pacientes posmenopáusicas	1.QoL	1. Cuestionario Qualeffo-41	2/5	Los pacientes que practican ejercicios para la osteoporosis tienen una calidad de vida significativamente mejor que los pacientes que no los realizan
Aboarrage Junior AM, et al. (2018)	A High-Intensity Jump-Based Aquatic Exercise Program Improves Bone Mineral Density and Functional Fitness in Postmenopausal Women	Ensayo controlado aleatorio	N: 25 GE: 15 GC: 10	Verificar los efectos de un HIIAE ²¹ sobre la masa ósea y la aptitud funcional en mujeres posmenopáusicas	1. Densidad mineral ósea columna lumbar, fémur, todo el cuerpo 2. Fuerza extremidades inferiores 3. Agilidad	1.DXA 2. CS ²² 3. TUG	3/5	Un programa de ejercicios acuáticos en intervalos de alta intensidad, basado en saltos, es capaz de mejorar la DMO y los parámetros de aptitud funcional en mujeres posmenopáusicas

Giangregorio LM, et al. (2018)	Build better bones with exercise (B3E pilot trial): results of a feasibility study of a multicenter randomized controlled trial of 12 months of home exercise in older women with vertebral fracture	Ensayo controlado aleatorio	N: 141 GE: 71 GC:70	Evaluar la viabilidad de una prueba grande que examina los efectos del ejercicio en casa en personas con alto riesgo de fractura	1.Número de fracturas 2. Número de caídas	1. Radiografía 2.Autoinformes	3/5	Este artículo demuestra la viabilidad de la retención y adherencia satisfactoria para un ensayo controlado aleatorizado de ejercicio en el hogar en mujeres con fractura
Sundh D, et al. (2018)	High-Impact Mechanical Loading Increases Bone Material Strength in Postmenopausal Women-A 3-Month Intervention Study	Ensayo controlado aleatorio	N: 20	Investigar el efecto de un programa de ejercicio unilateral de alto impacto de 3 meses sobre las propiedades del material óseo y la microarquitectura en mujeres posmenopáusicas sanas	1. BMSi ²³ 2. Densidad ósea de la tibia	1. Instrumento de indentación de sonda de referencia portátil (OsteoProbe) 2. Tomografía computarizada cuantitativa periférica de alta resolución (XtremeCT)	5/5	Un programa de ejercicios de salto de alto impacto de 3 meses fue capaz de aumentar sustancialmente la BMSi en mujeres posmenopáusicas, mientras que no se observaron cambios en la geometría ósea y los rasgos de microarquitectura, lo que indica un mecanismo novedoso para fortalecer rápidamente el hueso sometido a un aumento cargando

<p>Dizdar M, et al. (2018)</p>	<p>Effects of Balance-Coordination, Strengthening, and Aerobic Exercises to Prevent Falls in Postmenopausal Patients With Osteoporosis: A 6-Month Randomized Parallel Prospective Study</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>N:75 Grupo equilibrio y coordinación: 25 Grupo fortalecimiento : 25 Grupo ejercicio aeróbico: 25</p>	<p>Evaluar el efecto de los ejercicios de equilibrio, fortalecimiento y ejercicios aeróbicos sobre las funciones de equilibrio estáticas y dinámicas y la frecuencia de caídas en pacientes posmenopáusicas con osteoporosis</p>	<p>1. Equilibrio estático 2. Equilibrio dinámico 3. Dolor 4. Calidad de vida</p>	<p>1. Plataforma de equilibrio TeknoBody PK 2. TUG y BBS²⁴ 3. Escala EVA 4. QUALEFFO</p>	<p>5/5</p>	<p>Se observó que los ejercicios de fortalecimiento eran más efectivos en la reducción del dolor, y se encontró que los ejercicios de equilibrio y coordinación eran más efectivos en la mejora del equilibrio estático y dinámico</p>
<p>García-Gomáriz C, et al. (2018)</p>	<p>Effect of 2 years of endurance and high-impact training on preventing osteoporosis in postmenopausal women: randomized clinical trial</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>N: 34 G1: 17 G2:17</p>	<p>Analizar los efectos del entrenamiento de resistencia y de alto impacto orientado a prevenir la osteoporosis en mujeres posmenopáusicas con suplementos de calcio y vitamina D</p>	<p>1.DMO columna lumbar y fémur</p>	<p>1. DXA</p>	<p>3/5</p>	<p>Ambas intervenciones propuestas pueden usarse convenientemente para prevenir la osteoporosis en mujeres posmenopáusicas</p>

<p>Jepsen DB, et al. (2018)</p>	<p>The combined effect of Parathyroid hormone (1-34) and whole-body Vibration exercise in the treatment of Osteoporosis (PaVOS)- study protocol for a randomized controlled trial</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>N: 40 G1: 20 G2: 20</p>	<p>Abordar el uso de ejercicios de WBV en combinación con el tratamiento de la hormona paratiroidea 1-34 fragmento teriparatida (PTH 1-34) en pacientes con osteoporosis</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. DMO de cadera y columna lumbar 2. Microarquitectura ósea y resistencia ósea de radio y tibia 3. Marcadores de recambio óseo en suero 4. Biomarcadores funcionales 5. QoL 6. Actividad física 7. Miedo a las caídas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. DXA 2. HR-pQCT²⁵ 3. Análisis de sangre 4. TUG, SPPB²⁶, fuerza de agarre y potencia de extensión de la pierna 5. EQ-5D²⁷ 6. IPAQ²⁸ 7. FES-I 	<p>5/5</p>	<p>Doce meses de WBV y teriparatida tuvieron un efecto de tratamiento clínicamente relevante significativo en la DMO de la columna lumbar en comparación con la teriparatida sola en mujeres osteoporóticas posmenopáusicas</p>
<p>Watson SL, et al. (2018)</p>	<p>High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women With Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR²⁹ Randomized Controlled Trial</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>N: 101 Grupo HIRIT³⁰: 49 Grupo CON³¹: 52</p>	<p>Determinar la eficacia de la HiRIT breve dirigida al hueso para mejorar la DMO de cuello femoral y columna lumbar en mujeres posmenopáusicas con masa ósea baja o muy baja</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altura y masa corporal 2. Estilo de vida 3. Ingesta diaria de calcio 4. DMO de la columna lumbar y fémur proximal 5. Rendimiento físico 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estadiómetro de pared y balanzas mecánicas 2. BPAQ³² 3. Cuestionario australiano específico de calcio (AusCal) 4. DXA 5. TUG, FTSTS³³, y FRT³⁴ 	<p>3/5</p>	<p>El programa HiRIT mejora los índices de resistencia ósea y rendimiento funcional en mujeres posmenopáusicas con baja masa ósea y no indujo eventos adversos bajo condiciones altamente supervisadas para la</p>

								muestra de mujeres posmenopáusicas
Aveiro MC, et al. (2017)	Water- versus land-based treatment for postural control in postmenopausal osteoporotic women: a randomized, controlled trial	Ensayo controlado aleatorio	N: 36 Grupo AGUA: 18 Grupo TIERRA: 18	Comparar los efectos de la fisioterapia basada en agua y en tierra sobre el control postural de mujeres mayores con osteoporosis	1. Control postural del cuerpo	1. Bipedestación tranquila en posición erguida (ojos abiertos y cerrados), la posición en tándem y una extremidad sobre una plataforma de fuerza	5/5	El tratamiento grupal de fisioterapia a base de agua puede ser más eficaz que la terapia en tierra para mejorar el control postural en la postura de una extremidad en mujeres con osteoporosis
Otero M, et al. (2017)	The effectiveness of a basic exercise intervention to improve strength and balance in women with osteoporosis	Ensayo controlado aleatorio	N: 68 GE: 34 GC: 34	Determinar los efectos de un programa de ejercicio simple sobre el equilibrio y la fuerza de mujeres posmenopáusicas con osteoporosis	1. Equilibrio estático 2. Equilibrio dinámico 3. Fuerza de las extremidades superiores e inferiores	1. Prueba de equilibrio estático en postura monopodal ciega 2. Prueba "8 pies arriba y adelante" 3. Pruebas de "flexión de brazos" y "posición de silla de 30 s"	3/5	El presente estudio demuestra que un programa de ejercicio físico basado en ejercicios de equilibrio y fuerza, realizado con equipos simples y fácilmente disponibles, es capaz de mejorar significativamente la fuerza y el equilibrio de las mujeres con osteoporosis

Mikó I, et al. (2017)	Effectiveness of balance training programme in reducing the frequency of falling in established osteoporotic women: a randomized controlled trial	Ensayo controlado aleatorio	N: 100 GE: 50 GC: 50	Investigar la eficacia de BTP ³⁵ sobre control postural y frecuencia de caídas en mujeres con osteoporosis establecida utilizando tanto las pruebas de rendimiento como el estabilómetro computarizado	1. Equilibrio 2. Equilibrio estático 3. Equilibrio dinámico 4. Frecuencia de las caídas	1. Prueba de Berg, TUG test y estabilómetro computarizado 2. Pruebas de Romberg 3. Pruebas dinámicas 4. Diario	5/5	El programa de ejercicios mejoró significativamente los parámetros de equilibrio y redujo el número de caídas en pacientes posmenopáusicas que ya habían sufrido al menos una fractura en el pasado
Wen HJ, et al. (2017)	Effects of short-term step aerobics exercise on bone metabolism and functional fitness in postmenopausal women with low bone mass	Ensayo controlado aleatorio	N: 48 GE: 24 GC: 24	Determinar los efectos del GBSA ³⁶ sobre el metabolismo óseo, la DMO y la PMW ³⁷ con baja densidad ósea	1. Gasto energético total 2. Aptitud funcional 3. Marcadores bioquímicos en suero (telopéptido C-terminal de colágeno tipo 1 y osteocalcina) 4. DMO	1. 7-day physical activity recall questionnaire 2. Back scratch, chair stand, sit-and-reach, 8-foot up-and-go, arm curl, and 2-minute step Test 3. Muestras de sangre 4. DXA	3/5	El ejercicio actual de GBSA a corto plazo benefició el metabolismo óseo y la salud general al reducir significativamente la actividad de reabsorción ósea y mejorar la aptitud funcional en PMW con baja masa ósea

Borba-Pinheiro CJ, et al. (2016)	Resistance training programs on bone related variables and functional independence of postmenopausal women in pharmacological treatment: A randomized controlled trial	Ensayo controlado aleatorizado	N: 52 G1: 20 G2: 16 GC: 16	Verificar los efectos de dos programas lineales de RT ³⁸ sobre la DMO, la AF ³⁹ , la fuerza muscular y la QoL de mujeres posmenopáusicas en tratamiento farmacológico	1. DMO 2. Autonomía funcional 3. Fuerza muscular 4. QoL	1. DXA 2. GDLAM ⁴⁰ 3. 10 repeticiones máximas 4. OPAQ ⁴¹	5/5	El estudio mostró que ambos grupos experimentales presentaron resultados favorables para DMO, fuerza, AF y QoL. Sin embargo, el grupo 3 veces por semana mostró los mejores resultados en comparación con otros grupos después de 13 meses de intervención
---	--	--------------------------------	-------------------------------------	---	--	---	-----	--

ABREVIATURAS:

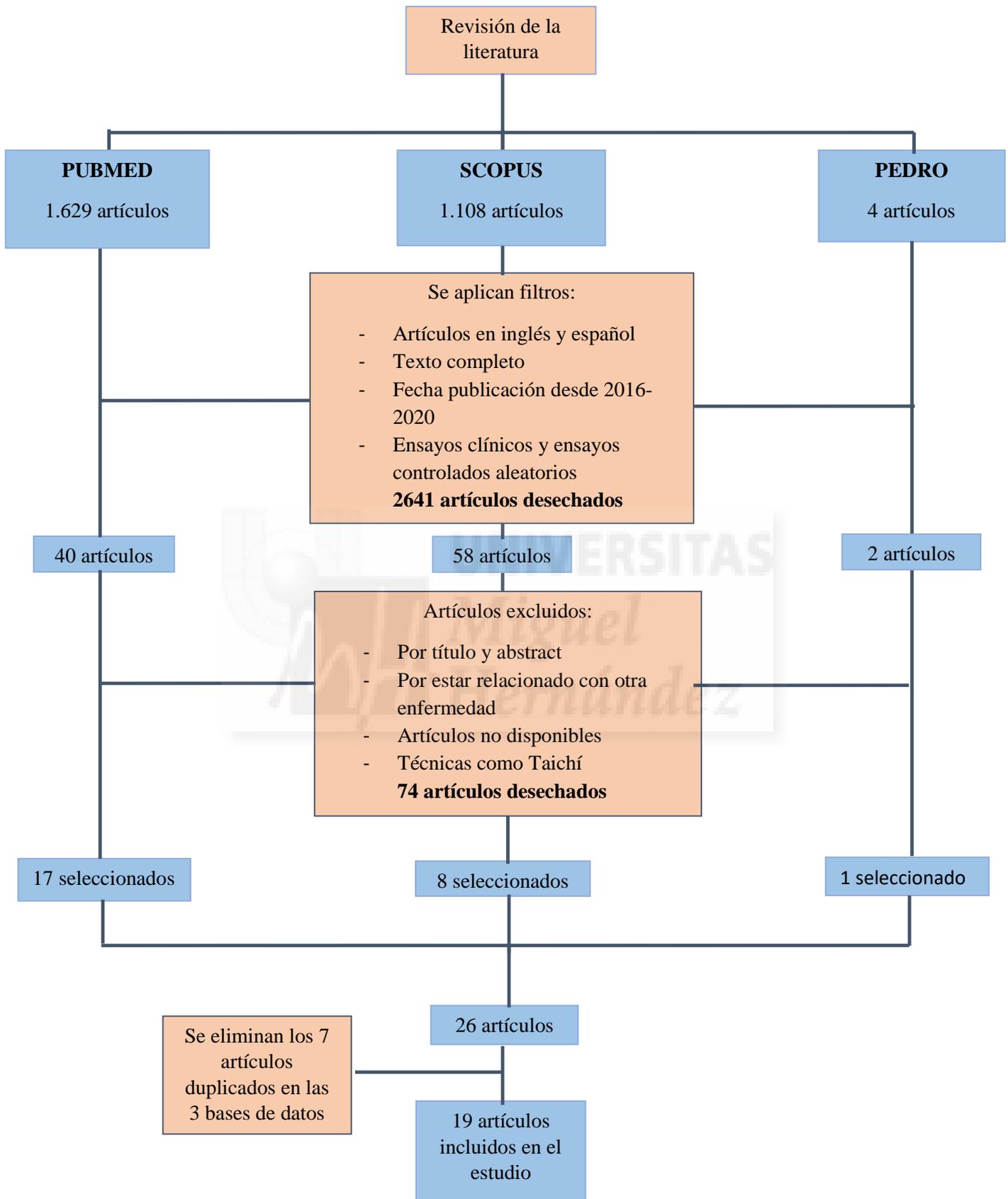
1. ACTLIFE: proyecto “Actividad física: la herramienta para mejorar la calidad de VIDA en personas con osteoporosis”
2. IHT: entrenamiento individual en casa
3. GGT: entrenamiento grupal en gimnasio
4. QoL: calidad de vida
5. ECOS-16: Cuestionario Corto de Calidad de Vida en Osteoporosis
6. WHODAS: programa de evaluación de la discapacidad de la OMS
7. PASE: Escala de Actividad Física para Ancianos
8. GC: grupo control
9. GE: grupo experimental
10. WBV: vibración de cuerpo entero
11. BDI: Inventario de Depresión de Beck
12. BHQ: Cuestionario de salud

13. APA: Actividad Física Adaptada
14. CVRS: calidad de vida relacionada con la salud
15. ECOS-16: Cuestionario de Evaluación de la calidad de vida relacionada con la salud en la osteoporosis
16. FES-I: Fall Efficacy Scale International
17. VAS: Visual Analogue Scale
18. 6MWT: Six Minutes Walking Test
19. OCs: Células osteogénicas circulantes
20. QUALEFFO: Cuestionario de calidad de vida de la Fundación Europea para Osteoporosis
21. HIIAE: programa de ejercicio acuático basado en saltos de alta intensidad
22. CS: Prueba de apoyo en silla
23. BMSi: Índice de resistencia del material óseo
24. BBS: Escala de equilibrio de Berg
25. HR-pQCT: Tomografía computarizada cuantitativa periférica de alta resolución
26. SPPB: Short Physical Performance Battery
27. EQ-5D: EuroQol 5-dimension, 5-level questionnaire
28. IPAQ: l Physical Activity Questionnaire
29. LIFTMOR: Lifting Intervention for Training Muscle and Osteoporosis Rehabilitation
30. HIRIT: Entrenamiento de resistencia e impacto de alta intensidad
31. CON: programa de ejercicio de baja intensidad
32. BPAQ: Cuestionario de actividad física específica para huesos
33. FTSTS: Test de sentado y de pie 5 veces
34. FRT: test de alcance funcional
35. BTP: programa de entrenamiento de equilibrio sensoriomotor de 12 meses
36. GBSA: ejercicio aeróbico escalonado grupal a corto plazo
37. PMW: aptitud funcional de las mujeres posmenopáusicas
38. RT: entrenamiento de resistencia
39. AF: autonomía funcional
40. GDLAM: Protocolo 'Grupo de América Latina para la madurez'
41. OPAQ: cuestionario de evaluación de la osteoporosis

Anexo II. *Tabla de las estrategias de búsqueda.*

BÚSQUEDA	ESTRATEGIA	RESULTADOS
Pubmed	(((postmenopausal osteoporosis) AND (exercise therapy)) OR ((postmenopausal osteoporosis) AND (physical activity)))	1629
Scopus	La ecuación de búsqueda fue ((TITLE-ABS-KEY (postmenopausal AND osteoporosis) AND TITLE-ABS-KEY (exercise AND therapy) OR TITLE-ABS-KEY (postmenopausal AND osteoporosis) AND TITLE-ABS-KEY (physical AND activity))	1108
PEDro	postmenopausal osteoporosis, exercise therapy, physical activity	4

Anexo III. Figura 1. Diagrama de selección de estudios para su inclusión en la revisión.



Anexo IV. Tabla de ejercicios detallados.

Autor (año)	Número y tipo de pacientes	Abandonos	Tipo de ejercicios	Duración de la intervención
Bragonzoni L, et al. (2020)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Mayores o igual a 40 años. N: 52 IHT: 26 GGT: 26	0	Ejercicios de movilidad articular, fuerza muscular, equilibrio estático y dinámico, coordinación motora y resistencia. Cada sesión se estructuró en calentamiento, fuerza, equilibrio, flexibilidad y enfriamiento.	12 meses, 2 días a la semana. Sesiones de 1 hora.
Filopovic T, et al. (2020)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Edad media 64 años. N: 74 GC: 37 GE: 37	2	Ejercicio aeróbico: marcha rápida de 3 a 5 km/h al 70% de la frecuencia cardiaca máxima. Ejercicios de equilibrio y ejercicios para fortalecer los músculos de las extremidades superiores e inferiores comenzando de 3 a 5 repeticiones sin carga de peso adicional y hasta 8-12 repeticiones con una carga de peso adicional aplicada con el uso de correas (theraband).	12 semanas, 3 veces por semana. Sesiones de 70 minutos.
Sen El, et al. (2020)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Entre 40-65 años. N: 58 Grupo WBV: 19 Grupo entrenamiento de alto impacto: 19 Grupo control: 20	9	<u>Ejercicios de alto impacto</u> : saltos verticales a dos piernas y saltar la cuerda. Se incrementó el número total de saltos mediante la adición de cinco saltos cada semana desde un mínimo de 10 hasta un máximo de 60 por sesión durante 12 semanas. <u>El entrenamiento WBV</u> consistió en un estímulo de alta frecuencia (30-40 Hz) de vibración en un ajuste bajo (2-4 mm pico a pico) en una plataforma de vibración Power Plate pro5 utilizando cinco posiciones estáticas diferentes: sentadilla, sentadilla profunda, sentadilla de paso ancho, estocada y estocada con las manos delanteras. La exposición a la vibración comenzó a los 2 mm. de amplitud y 30 Hz con un conjunto de 30 segundos, que fue aumentando gradualmente hasta la exposición final a una amplitud alta de 35 Hz con dos series de 5 minutos cada una.	6 meses, 3 días a la semana. Sesiones de entre 20-60 minutos.

Gonzalo-Encabo P, et al. (2019)	Mujeres postmenopáusicas Entre 50-74 años. N: 400 Grupo dosis altas: 200 Grupo dosis moderadas: 200	70	Ejercicio aeróbico (correr, caminar y andar en bicicleta) alcanzando el 65% al 75% de la reserva de frecuencia cardíaca.	1 año, 5 días por semana. 30 min/sesión (grupo dosis moderada) o 60 min/sesión (grupo dosis alta).
Marini S, et al. (2019)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Presencia de fracturas vertebrales. Entre 60-75 años. N: 44 Grupo APA: 26 Grupo GC: 18	4	Grupo APA: cada sesión estuvo compuesta por unos 20 ejercicios, según el objetivo de cada sesión orientados a desarrollar la movilidad y el equilibrio, mejorar la propiocepción, mantener o incrementar la fuerza en los principales grupos musculares y optimizar la alineación postural.	6 meses, 2 veces por semana. Sesiones de 1 hora.
Pasqualini L, et al. (2019)	Mujeres postmenopáusicas. De 50 años o más. Con una puntuación T en la columna lumbar o el cuello femoral entre -1 y -2,5 DE (osteopenia). N: 35	2	30 minutos de actividades con pesas y entrenamiento de resistencia en un circuito. En cada sesión se proponen: ejercicios de equilibrio y estabilidad centrados en el CORE (por ejemplo, pararse con un pie o ejercicios con balón BOSU); ejercicios de salto (generalmente 3 series de 10 saltos, con un descanso de 45 s entre cada serie) realizado en varias direcciones (vertical, anteroposterior y lateral) en una superficie uniforme; ejercicios de calistenia isométrica; ejercicio isotónico, tales como máquina de prensa de piernas y máquina de prensa de piernas; y ejercicios de estiramiento.	24 sesiones, 3 meses, 2 veces por semana. Sesiones de 45 minutos.
Koevska V, et al. (2019)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Entre 43-73 años. N: 92	0	Ejercicios respiratorios, ejercicios activos y ejercicios para fortalecer los músculos paravertebrales, ejercicio activo para mantener el rango de movimiento de las articulaciones de las extremidades superiores e inferiores y la columna, ejercicios para fortalecer los músculos de las extremidades superiores e inferiores, ejercicios isométricos para fortalecer los músculos	12 meses, 3 veces por semana.

			abdominales y ejercicios de equilibrio. Para los ejercicios de soporte de peso, el peso fue determinado por las capacidades funcionales de los pacientes, 1 kg como máximo. Cada ejercicio se repitió de 5 a 8 veces.	
Aboarrage Junior AM, et al. (2018)	Mujeres postmenopáusicas sanas. Entre 57-75 años. N: 25 GE: 15 GC: 10	0	Calentamiento de 5 minutos: estiramientos y movimientos libres en el agua. Saltos: salto con una sola pierna, pliegues, salto con abducción y aducción de cadera. 20 series de 30 segundos a intensidad máxima y 30 segundos de descanso entre series. Enfriamiento: caminar y estiramientos durante 5 minutos.	24 semanas, 3 veces por semana. Sesiones de 30 minutos.
Giangregorio LM, et al. (2018)	Mujeres postmenopausicas. De 65 años o mayores. Con fracturas osteoporóticas. N: 141 GE: 71 GC: 70	11	Ejercicios de fortalecimiento de miembros inferiores (por ejemplo, sentarse, sentadillas, estocadas, ejercicios de fortalecimiento de miembros superiores (por ejemplo, flexiones de pared), ejercicios de equilibrio (por ejemplo, equilibrio de una sola pierna, postura en tándem, caminar sobre los dedos de los pies) y ejercicios posturales (por ejemplo, extensión torácica/lumbar). Cada ejercicio se realizó mínimo en 2 series de 8-10 repeticiones máximo y progresivamente se fue aumentando el volumen y la intensidad con el tiempo.	12 meses, mínimo 30 minutos.
Sundh D, et al. (2018)	Mujeres postmenopáusicas sanas. Entre 50-60 años. N: 20	0	En el hogar. Los participantes eligieron una pierna, como pierna de intervención y saltaron constantemente sobre la misma pierna durante todo el estudio. La pierna que no intervino se utilizó como control. Semana 1: 3x10 saltos/día; semana 2: 3x15 saltos/día; semanas 3 a 6: 3x20 saltos/día; y semanas 7 a 12: 4x20 saltos/día.	3 meses.

Dizdar M, et al. (2018)	Pacientes postmenopáusicas con osteoporosis. Entre 50 y 75 años. N:75 Grupo equilibrio y coordinación: 25 Grupo fortalecimiento: 25 Grupo ejercicio aeróbico: 25	7	Anexo V. Tablas protocolos de ejercicios más detallados.	12 semanas, 3 días por semana. Sesiones de 1 hora.
García-Gomáriz C, et al. (2018)	Mujeres postmenopáusicas. Sin osteoporosis. N: 34 GE: 17 GC:17	2	GE: Calentamiento de 10 minutos. Ejercicios de alto impacto y alta resistencia trabajando el equilibrio y la resistencia con Thera-Band, pesos y cargas, y otros materiales como pelotas de pilates. Cada ejercicio se repitió 3 veces, siguiendo un patrón de respiración. Después de 10 ejercicios, los participantes tuvieron 1 minuto de descanso. Finalmente, 10 min de actividades de enfriamiento basadas en técnicas de relajación, que incluyen estiramiento, respiración, masaje y automasaje. GC: caminar a un ritmo intenso.	GE: 46 semanas, 2 sesiones por semana. Sesiones de 60 minutos. GC: 46 semanas, 3-5 veces por semana.
Jepsen DB, et al. (2018)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. De 50 años o mas N: 40 G1: 20 G2: 20	0	La WBV se llevará a cabo con una máquina de placa de potencia que oscila en los tres planos, con una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 1mm (bajo desplazamiento). La intervención se realizará con las rodillas ligeramente flexionadas (aproximadamente a 20 grados). El periodo de entrenamiento será seguido por un periodo de descanso en la proporción 1:1.	12 meses, 3 sesiones por semana. Sesiones de 12 minutos.
Watson SL, et al. (2018)	Mujeres postmenopáusicas. Baja masa ósea (T<-1.0 en la cadera y/o en la columna vertebral). Mayores de 58 años. N: 101 Grupo HIRIT: 49 Grupo CON: 52	15	<u>Grupo HIRIT</u> : el primer mes variantes de ejercicios de peso corporal y de carga baja. Ejercicios de resistencia (peso muerto, press sobre la cabeza y sentadilla trasera) en 5 series de 5 repeticiones, manteniendo una intensidad de >80% a 85% 1RM. La carga de impacto se aplicó mediante dominadas de salto con aterrizaje de caída.	8 meses, 2 veces por semana. Sesiones de 30 minutos.

			<p>Los participantes realizaron hasta 2 series de peso muerto de 50% a 70% de 1RM como calentamiento. En gimnasio supervisado por un profesional.</p> <p><u>Grupo CON</u>: caminar 10 minutos en el calentamiento y 5 minutos en el enfriamiento. Ejercicios de resistencia de baja carga (estocadas, levantamiento de pantorrillas, levantamiento de pie hacia delante...) y estiramientos. 10 a 15 repeticiones a <60% 1RM.</p> <p>En el hogar.</p>	
Aveiro MC, et al. (2017)	<p>Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Mayores de 65 años. N: 36 Grupo AGUA: 18 Grupo TIERRA: 18</p>	1	<p>Anexo V. <i>Tablas protocolos de ejercicios más detallados.</i></p>	<p>12 semanas, 2 veces por semana. Sesiones de 45 minutos.</p>
Otero M, et al. (2017)	<p>Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Entre 50-72 años. N: 68 GE: 34 GC: 34</p>	3	<p>Ejercicios básicos de calentamiento y estiramiento: movilidad articular y caminar.</p> <p><u>Ejercicios de equilibrio estático</u>: ejercicios de apoyo visual variable, apoyo de la marcha, apoyo de miembros superiores, participación de miembros inferiores (brazos a lo largo del cuerpo sin movimientos, brazos colocados asimétricamente con y sin movimiento, brazos dispuestos simétricamente con y sin movimiento) y ejercicios relacionados con el sistema vestibular.</p> <p><u>Ejercicios de equilibrio dinámico</u>: ejercicios que implican cambios en el apoyo visual, la distancia y la dirección del desplazamiento, el apoyo de la marcha, el pavimento, la participación de los miembros superiores, los ejercicios de diversos objetos que se manipulan al caminar y ejercicios que involucran el sistema vestibular.</p> <p><u>Ejercicios de fortalecimiento muscular</u>: variando la musculatura a ejercitar, su carga y posición.</p> <p>Enfriamiento: estiramientos y relajación.</p>	<p>6 meses, 3 veces por semana. Sesiones de 1 hora.</p>

Mikó I, et. (2017)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. De 65 años o más. N: 100 GE: 50 GC: 50	3	Programa combinado entre espalda convencional, torso y ejercicios de fortalecimiento de los músculos de las extremidades inferiores y el entrenamiento de la postura dinámica propioceptiva. Hay tres niveles de progresividad que se realizan de forma escalonada.	12 meses, 2 veces por semana. El resto de días en casa unos 60 minutos.
Wen HJ, et al. (2017)	Mujeres postmenopáusicas con osteoporosis. Entre 50-65 años. N: 48 GE: 24 GC: 24	2	Se incluyó el paso básico convencional, el Paso “V”, el paso “L” hacia el lado derecho e izquierdo, alternancia de secuencias escalonadas de elevación de rodillas y patrones alternos de flexión de piernas, piernas laterales y piernas hacia atrás. Movimientos de brazos, como flexiones de bíceps y elevaciones laterales al nivel de los hombros y por encima de la cabeza, se incorporaron simultáneamente con los pasos seleccionados. Trabajaron con el 75 al 85% de su reserva de frecuencia cardíaca.	10 semanas, 3 veces por semana. Sesiones de 90 minutos.
Borba-Pinheiro CJ, et al. (2016)	Mujeres postmenopáusicas con baja masa ósea ($t < -1DE$). Mayores de 50 años. N: 52 G1: 20 G2: 16 GC: 16	8	Prensa de piernas a los 45, extensión de rodilla, flexión plantar, sentadillas, aducción de cadera, glúteos (máquina de glúteos), flexión del codo, extensión de codo y aducción del hombro. Las intensidades variaron entre el 60% y el 90%. La periodización fue realizada con 7 ciclos mensuales [60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85% y 90%]; además 3 ciclos bimensuales [70%, 80% y 90%] de los valores encontrados en la prueba de 10MR (Repetición máxima). Se realizó tres series por ejercicio e intervalos de descanso entre los ejercicios. Al principio y al final se realizaron estiramientos.	13 meses, G1: 3 veces por semana, G2: 2 veces por semana. Sesiones de 60 minutos.

Anexo V. Tablas protocolos de ejercicios más detallados.

(Dizdar et al., 2018)

GRUPO EJERCICIOS EQUILIBRIO Y COORDINACIÓN		
Calentamiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento: estiramiento paraespinal, estiramiento flexores de glúteo mayor y cadera, estiramiento de isquiotibiales, estiramiento de gastrocnemio y sóleo.	1 serie x 10 repeticiones. 10 minutos
Ejercicios del protocolo	Ejercicios de equilibrio y coordinación: postura de una sola pierna-30 segundos ojos abiertos / ojos cerrados, postura en tándem, caminar de puntillas, caminar con el talón, andar en tándem, movimiento recíproco de las extremidades inferiores, media sentadilla, puente, ejercicio de Romberg modificado ojos cerrados sobre suelo duro / blando, caminar de borde, caminar sobre una tabla de equilibrio, sentarse lentamente, ponerse de pie en una silla, subir y bajar escaleras.	3 series de 10-15 repeticiones, con un descanso de 1-2 minutos entre cada serie.
Enfriamiento	Caminar lentamente y estirar músculos de las extremidades superiores e inferiores.	10 minutos

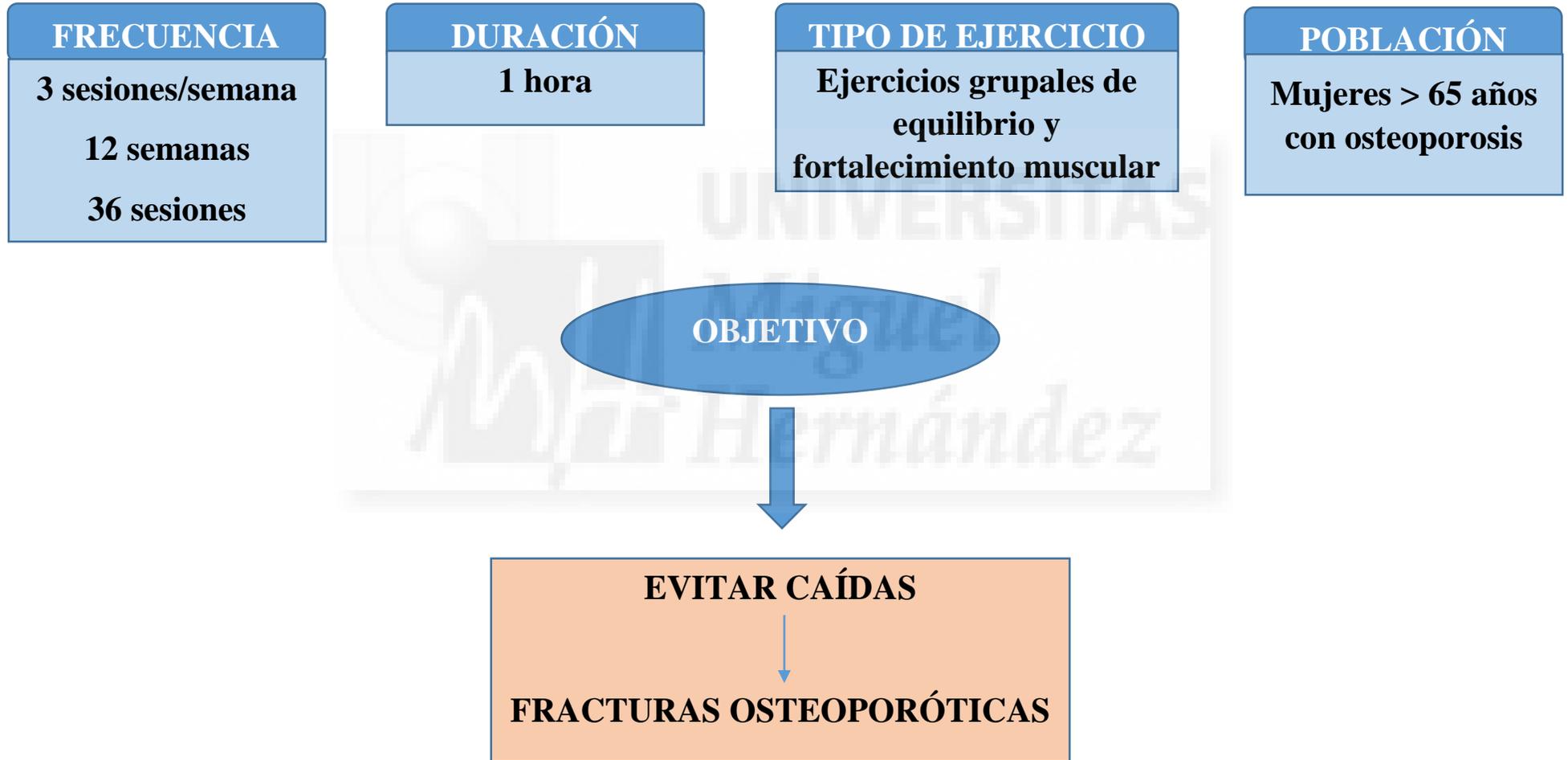
GRUPO EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO		
Calentamiento	Ejercicios y estiramientos	10 minutos
Ejercicios del protocolo	Ejercicios en la extremidad superior, músculos abdominales y extensores de la espalda. Se realizó ejercicio de resistencia progresiva (PRE) en glúteo mayor, glúteo medio, cuádriceps e isquiotibiales. Para el fortalecimiento se utilizó el método De Lorme. Este es un método de ejercicio isotónico con pesas con el propósito de fortalecer los músculos. Después de determinar 10 RM, 50% x10RM se inició y continuó con 75% x10RM, y aumentó a 100% x10RM si podía ser tolerado.	3 series de 10 repeticiones, con un descanso de 1-2 minutos entre cada serie.
Enfriamiento	Estiramientos	10 minutos

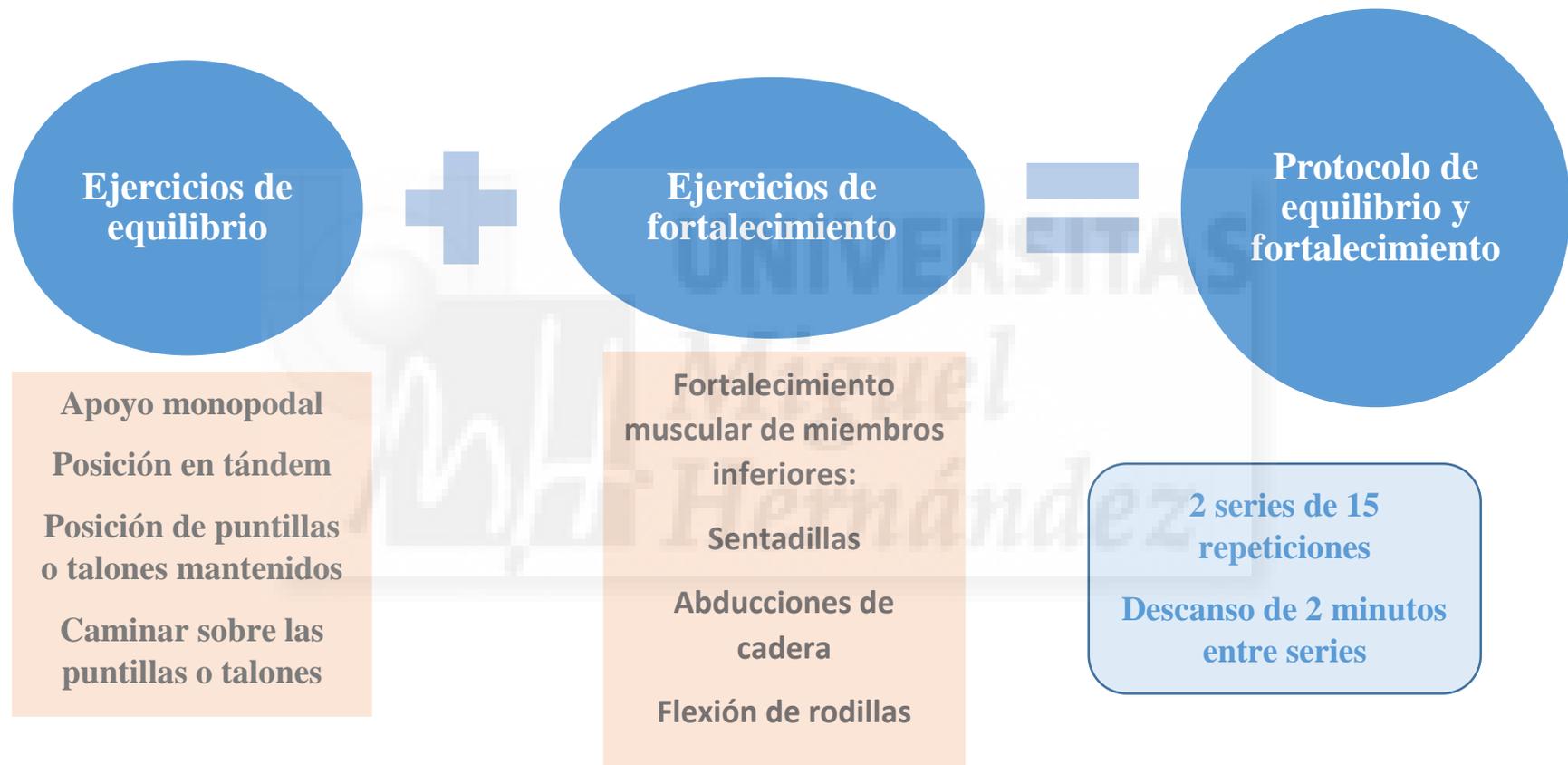
GRUPO EJERCICIO AERÓBICO		
Ejercicio del protocolo	Caminar en una cinta rodante. La frecuencia cardíaca máxima (FCM) fue calculada utilizando la fórmula de $220 - \text{edad}$. La frecuencia cardíaca durante el ejercicio se fijó en 50-75% de la FCM.	30 minutos
Enfriamiento	Caminar en la cinta rodante más despacio.	10 minutos

(Aveiro et al., 2017)

<i>Water-based</i>	<i>Land-based</i>
<p><i>Warm-up</i> <i>Static stretching:</i> For muscles of the neck, back, upper and lower limbs at the beginning of the session. <i>Walking:</i> Lateral walking with low velocity in the swimming pool; if necessary, volunteers could keep their hands touching pool's edge.</p> <p><i>Strength</i> <i>Hip adduction/abduction:</i> Performed with floats wrapped around lower limb, in orthostatic position with hands on pool's edge. <i>Hip flexion/extension and knee extension/flexion:</i> Performed with floats wrapped around lower limb, in orthostatic position with hands on pool's edge. <i>Hip flexion/extension, knee flexion/extension, ankle plantar flexion/dorsiflexion:</i> Performed with floats under the foot, in orthostatic position with hands on pool's edge. For all exercises, load increments occurred with increase in number of repetitions on each set, as: weeks 1–4: 2 × 10 repetitions; weeks 5–8: 2 × 12 repetitions; weeks 9–12: 2 × 15 repetitions. Volunteers had 1-min rest interval between sets.</p> <p><i>Balance</i> <i>Static balance training:</i> During stationary walking, volunteers maintained unipedal stance for 10 s at instructor's command (contralateral limb: hip flexion/knee flexion and ankle dorsiflexion), in a 10-repetition set. After that, they maintained the float under the foot for 15 s, 5 repetitions for each lower limb, in orthostatic position, with hands on the pool's edge. After 6 weeks, they were requested to maintain the hands floating in the water surface to increase difficulty. <i>Dynamic balance training:</i> Anterior and posterior walking with immersion up to the xiphoid process level at moderate velocity. After that, they performed lateral walking with knee and hip flexion, associated with movements of shoulder adduction and abduction in pairs with aqua noodles. They developed simple and double-tasks increasing body movements, manipulation and mental tasks. They also performed walking in line with instructor's command to change direction, with hands over the shoulder of the individual in front. After that, they performed different playful activities with balls.</p> <p><i>Cool-down</i> <i>Static stretching:</i> For the muscles of the neck and lower limbs. They lay down in an aqua noodle with the lower limbs relaxed.</p>	<p><i>Static stretching:</i> For muscles of the neck, back, upper and lower limbs at the beginning of the session. <i>Walking:</i> For 3–5 min.</p> <p><i>Knee extension:</i> Performed throughout full range of motion in open kinetic chain with 0.5, 1 or 2 kg ankle cuff weights. Initial resistance was set at 0.5 kg, and loads were incremented whenever volunteers reported any improvement in daily life activities. <i>Knee flexion:</i> Performed throughout full range of motion in open kinetic chain with 0.5 or 1 kg ankle cuff weights. Initial resistance was set at 0.5 kg, and loads were incremented whenever volunteers reported any improvement in daily life activities. <i>Ankle dorsiflexion:</i> Performed with 0.5 or 1 kg cuff weights, throughout full range of motion, with 1-min rest interval between sets. <i>Ankle plantar flexion:</i> Performed by lifting the heels while standing on their feet. Initially, during the adaptation period, individuals performed four sets of ten bilateral plantar flexion lifts. After 6 weeks, the participants progressed to four sets of 12 lifts. For all exercises, load increments occurred with increase in number of repetitions on each set, as: weeks 1–4: 2 × 10 repetitions; weeks 5–8: 2 × 12 repetitions; weeks 9–12: 2 × 15 repetitions. Volunteers had 1-min rest interval between sets.</p> <p><i>Static balance training:</i> Volunteers stood on unipedal stance, then on their heels, tiptoes and tandem position for 1 min each. After 2 weeks, they were asked not to hold onto one apparatus during the same postures. After 4 weeks, they carried out same postures and increased body movements, manipulation and mental tasks. After 6 weeks, they were asked to close their eyes; however, it was permitted to hold onto a chair or another apparatus. If any volunteer experienced difficulties, she stepped back one level. <i>Dynamic balance training:</i> In the first moment, they performed different gait patterns, such as backwards and tandem walking, and walked on their heels and tiptoes through a trajectory of 15 m. They developed simple and double-tasks increasing body movements, manipulation and mental tasks and taking off visual reference, closing the eyes. After that, they performed different playful activities with balls, balloons, obstacles and canes.</p> <p><i>Static stretching:</i> For the muscles of the back and lower limbs lying on a foam surface.</p>

Anexo VI. Figura 2. Diseño de un programa de ejercicios.





CALENTAMIENTO

Estiramientos del
cuello, espalda,
miembros superiores
e inferiores
Caminar 5 minutos

ENFRIAMIENTO

Estiramientos del
cuello, espalda,
miembros superiores
e inferiores acostados
en colchonetas

10-15 min cada parte

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aboarrage Junior AM, Teixeira CVS, Dos Santos RN, Machado AF, Evangelista AL, Rica RL, et al. A High-Intensity Jump-Based Aquatic Exercise Program Improves Bone Mineral Density and Functional Fitness in Postmenopausal Women. *Rejuvenation Res.* 2018 Dec;21(6):535-540.
- Aveiro MC, Avila MA, Pereira-Baldon VS, Ceccatto Oliveira ASB, Gramani-Say K, Oishi J, et al. Water- versus land-based treatment for postural control in postmenopausal osteoporotic women: a randomized, controlled trial. *Climacteric.* 2017 Oct;20(5):427-435.
- Bijelic R, Milicevic S, Balaban J. Risk Factors for Osteoporosis in Postmenopausal Women. *Med Arch.* 2017;71(1):25-28.
- Borba-Pinheiro CJ, Dantas EH, Vale RG, Drigo AJ, Carvalho MC, 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 Jul-Aug;65:36-44.
- Bragonzoni L, Barone G, Benvenuti F, Canal V, Ripamonti C, Marini S, et al. A Randomized Clinical Trial to Evaluate the Efficacy and Safety of the ACTLIFE Exercise Program for Women with Post-menopausal Osteoporosis: Study Protocol. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jan 28;17(3):809.
- Daly RM, Dalla Via J, Duckham RL, Fraser SF, Helge EW. Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription. *Braz J Phys Ther.* 2019 Mar-Apr;23(2):170-180.
- Dionello CF, Sá-Caputo D, Pereira HV, Sousa-Gonçalves CR, Maiworm AI, Morel DS, et al. Effects of whole body vibration exercises on bone mineral density of women with postmenopausal osteoporosis without medications: novel findings and literature review. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2016 Sep 7;16(3):193-203.
- Dizdar M, Irdesel JF, Dizdar OS, Topsaç M. Effects of Balance-Coordination, Strengthening, and Aerobic Exercises to Prevent Falls in Postmenopausal Patients With Osteoporosis: A 6-Month Randomized Parallel Prospective Study. *J Aging Phys Act.* 2018 Jan 1;26(1):41-51.

- Evstigneeva L, Lesnyak O, Bultink IE, Lems WF, Kozhemyakina E, Negodaeva E, et al. Effect of twelve-month physical exercise program on patients with osteoporotic vertebral fractures: a randomized, controlled trial. *Osteoporos Int.* 2016 Aug;27(8):2515-24.
- Filipović T, Gopčević K, Dimitrijević S, Hrković M, Backović A, Lazović M. Effects of 12-Week Exercise Program on Enzyme Activity of Serum Matrix Metalloproteinase-9 and Tissue Inhibitor of Metalloproteinase-1 in Female Patients with Postmenopausal Osteoporosis: A Randomized Control Study. *Biomed Res Int.* 2020 Jan 30;2020:9758289.
- García-Gomáriz C, Blasco JM, Macián-Romero C, Guillem-Hernández E, Igual-Camacho C. Effect of 2 years of endurance and high-impact training on preventing osteoporosis in postmenopausal women: randomized clinical trial. *Menopause.* 2018 Mar;25(3):301-306.
- Giangregorio LM, Gibbs JC, Templeton JA, Adachi JD, Ashe MC, Bleakney RR, et al. Build better bones with exercise (B3E pilot trial): results of a feasibility study of a multicenter randomized controlled trial of 12 months of home exercise in older women with vertebral fracture. *Osteoporos Int.* 2018 Nov;29(11):2545-2556.
- Gonzalo-Encabo P, McNeil J, Boyne DJ, Courneya KS, Friedenreich CM. Dose-response effects of exercise on bone mineral density and content in post-menopausal women. *Scand J Med Sci Sports.* 2019 Aug;29(8):1121-1129.
- Jepsen DB, Ryg J, Jørgensen NR, Hansen S, Masud T. The combined effect of Parathyroid hormone (1-34) and whole-body Vibration exercise in the treatment of Osteoporosis (PaVOS)- study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2018 Mar 16;19(1):186.
- Kenkre JS, Bassett J. The bone remodelling cycle. *Ann Clin Biochem.* 2018 May;55(3):308-327.
- Khalili A, Almasi MH, Raeissadat SA, Sedighipour L, Salek Zamani Y, Zohoor MRO. Long-term effects of back extensor strengthening exercises on quality of life in women with osteoporosis. *J Women Aging.* 2017 Nov-Dec;29(6):505-514.
- Koevska V, Nikolikj-Dimitrova E, Mitrevska B, Gjeracaroska-Savevska C, Gocevska M, Kalcovska B. Effect of Exercises on Quality of Life in Patients with Postmenopausal Osteoporosis - Randomized Trial. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019 Apr 14;7(7):1160-1165.

- Marini S, Leoni E, Raggi A, Sanna T, Malavolta N, Angela B, et al. Proposal of an Adapted Physical Activity Exercise Protocol for Women with Osteoporosis-Related Vertebral Fractures: A Pilot Study to Evaluate Feasibility, Safety, and Effectiveness. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Jul 18;16(14):2562.
- Mikó I, Szerb I, Szerb A, Poor G. Effectiveness of balance training programme in reducing the frequency of falling in established osteoporotic women: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2017 Feb;31(2):217-224.
- Otero M, Esain I, González-Suarez ÁM, Gil SM. The effectiveness of a basic exercise intervention to improve strength and balance in women with osteoporosis. *Clin Interv Aging*. 2017 Mar 14;12:505-513.
- Pasqualini L, Ministrini S, Lombardini R, Bagaglia F, Paltriccia R, Pippi R, et al. Effects of a 3-month weight-bearing and resistance exercise training on circulating osteogenic cells and bone formation markers in postmenopausal women with low bone mass. *Osteoporos Int*. 2019 Apr;30(4):797-806.
- Sen EI, Esmailzadeh S, Eskiuyurt N. Effects of whole-body vibration and high impact exercises on the bone metabolism and functional mobility in postmenopausal women. *J Bone Miner Metab*. 2020 May;38(3):392-404.
- Sundh D, Nilsson M, Zoulakis M, Pasco C, Yilmaz M, Kazakia GJ, et al. High-Impact Mechanical Loading Increases Bone Material Strength in Postmenopausal Women-A 3-Month Intervention Study. *J Bone Miner Res*. 2018 Jul;33(7):1242-1251.
- 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*. 2018 Feb;33(2):211-220.
- Wen HJ, Huang TH, Li TL, Chong PN, Ang BS. Effects of short-term step aerobics exercise on bone metabolism and functional fitness in postmenopausal women with low bone mass. *Osteoporos Int*. 2017 Feb;28(2):539-547.