

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

**Máster Universitario para el Abordaje del Dolor Neuro Músculo
Esquelético en Fisioterapia**



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**EFFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE
EJERCICIO TERAPÉUTICO EN MUJERES
POSMENOPÁUSICAS CON
OSTEOPOROSIS: PROYECTO DE ESTUDIO**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Convocatoria – Año: Junio – 2022

AUTOR: Fulgencio Martínez Muñoz

TUTORA: María Isabel Tomás Rodríguez

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	7
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
5. EXPECTATIVAS DE FUTURO DE ESTA PROPUESTA DE ESTUDIO.....	17
6. SEGURIDAD Y EVENTOS ADVERSOS.....	18
7. ÉTICA.....	19
8. ANEXOS.....	20
8.1. Anexo I. Tabla 1. Cronograma del Estudio.....	20
8.2. Anexo II. Tabla 2. Pruebas de Capacidad Funcional.....	21
Tabla 3. Escala de Fragilidad de Fried.....	22
8.3. Anexo III. Tabla 4. Circuito y Variaciones de Ejercicios.....	23
Figura 1-10. Ejercicios.....	24
8.4. Anexo IV. Tabla 5. Diseño de las Variables del Programa de Ejercicio.....	28
Tabla 6. Dosis del Programa de Ejercicio.....	29
8.5. Anexo V. Tabla 7. Hoja de Registro de Sesiones Presenciales.....	30
Tabla 8. Escala de Esfuerzo Percibido.....	30
8.6. Anexo VI. Tabla 9. Hoja de Registro de Sesiones en Casa.....	31
8.7. Anexo VII. Tabla 10. Hoja de Registro de Actividad Física del Grupo Control.....	32
8.8. Anexo VIII. Financiación, Presupuesto y Recursos Humanos.....	33
9. BIBLIOGRAFÍA.....	34

1. RESUMEN

Introducción: Se estima que una de cada tres mujeres sufrirá fracturas debido a la osteoporosis. Es después de la menopausia cuando se intensifica la pérdida de densidad mineral ósea (DMO) que se trata de paliar con medidas farmacológicas no exentas de efectos secundarios. En esta población, el ejercicio físico, y en concreto, los ejercicios de fuerza e impacto han demostrado ser una herramienta terapéutica capaz de promover la formación ósea cuando se aplican a intensidades altas, de hasta el 80 % de una repetición máxima (1RM), y a una frecuencia de 2 o 3 días por semana. A pesar de esto, se afirma que son necesarios más estudios que aclaren, pormenorizadamente, las diferentes variables que conforman la dosis de estos programas de ejercicio terapéutico, para así optimizar los resultados, fomentar la actividad física y minimizar los riesgos.

Objetivos: Este proyecto propone la intervención en mujeres posmenopáusicas de un programa de 10 meses de ejercicio de fuerza e impacto de alta intensidad dosificado y dirigido por un fisioterapeuta para comprobar la repercusión que produce en la DMO, medidas antropométricas, fuerza, calidad de vida, capacidad funcional y adherencia al ejercicio.

Material y métodos: Se aplicará en la población del Centro de Salud “Murcia Sur” un ensayo clínico aleatorizado de 3 brazos; el grupo 1 (G1) realizará el programa de forma presencial y estará supervisado por el fisioterapeuta que lo dirige, el grupo 2 (G2) lo realizará en casa y el grupo control (GC) no realizará ejercicio dirigido.

Palabras clave: “osteoporosis”, “mujeres posmenopáusicas”, “ejercicio terapéutico”, “dosis”.

ABSTRACT

Introduction: One out of three women is expected to experience fractures due to osteoporosis. Bone mineral density (BMD) loss increases after menopause, which is usually treated by means of drug treatment, not free from side effects. In post-menopausal women, physical activity and force and high-impact exercises in particular have proven to be an effective therapeutic tool to boost bone formation when performed at high intensities, up to 80% of one-repetition maximum (1RM), twice or three days a week. However, additional studies are needed to further investigate the different variables that affect these therapeutic exercise programs in order to optimise the outcome in patients, foster physical activity and minimise the risks.

Purpose: To implement a 10-month program consisting in high-intensity force and high-impact exercises conducted and monitored by a physiotherapist in post-menopausal women, in order to evaluate its effects over BMD, physical measurements, force, quality of life, ability to function and exercise adherence.

Materials and methods: This randomised 3-arm clinical study will take place in “Murcia Sur” Health Center. Group 1 (G1) will perform the program on site, and this will be monitored by the physiotherapist in charge to conduct it. Group 2 (G2) will perform the program at home and control group (GC) will not perform the program.

Key words: “osteoporosis”, “post-menopausal women”, “exercise therapy”, “dose”.

2. INTRODUCCIÓN

La osteoporosis, o su forma más leve osteopenia, se reconoce como una enfermedad ósea asociada a una densidad mineral ósea (DMO) baja con una etiología polifactorial (Kanis et al. 1994), y que suele estar asociada a individuos de edad avanzada, particularmente mujeres tras la menopausia, aunque se puede sufrir a otras edades provocada por otras enfermedades (Organización Mundial de la Salud, 1994). La principal consecuencia clínica de la enfermedad son las fracturas óseas y se estima que las sufrirán una de cada tres mujeres y uno de cada cinco hombres mayores de 50 años en todo el mundo (Hernlund et al., 2013). Para el año 2025 se ha estimado que más de 30 millones de hombres y mujeres mayores de 65 años se verán afectados solo en la Unión Europea (Hernlund et al., 2013).

En 1994 y 2008 la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó los criterios diagnósticos de la osteoporosis en las mujeres posmenopáusicas basándose en la estimación cuantitativa de la DMO, habitualmente mediante absorciometría dual de rayos X (DXA). Es el cuello femoral la localización de referencia y la osteoporosis se define como un valor de DMO 2,5 desviaciones estándares (DE) o más por debajo de la media de la mujer adulta joven (puntuación T menor o igual a -2,5 DE). Se considera osteopenia cuando el valor de la puntuación T está entre -1 y -2,5 DE y osteoporosis grave (osteoporosis establecida) cuando a la osteoporosis se le suma la presencia de 1 o más fracturas por fragilidad (Kanis et al., 1994, 2008).

En la mujer, la pérdida de los efectos protectores de los estrógenos sobre la estructura esquelética después de la transición menopáusica intensifica la disminución de la densidad ósea, resultado de un desequilibrio repentino entre la reabsorción y la formación de hueso nuevo, dando lugar a las fracturas osteoporóticas más comunes: fémur proximal, columna vertebral y muñeca (Christenson et al., 2012). Existe una gran brecha entre el número de mujeres que reciben tratamiento en comparación con la proporción de la población que podría considerarse elegible para el tratamiento en función de su riesgo de fractura. En la Unión Europea (UE), se estima que hay 18,44 millones de mujeres que tienen una probabilidad de fractura igual o superior a la de una mujer con una fragilidad previa evaluada por la herramienta FRAX® (Kanis et al., 2019). Esta herramienta, a través de algoritmos que integran el peso de los factores clínicos de fractura con o sin información sobre DMO, computa la probabilidad a 10 años

de fractura de cadera o de fractura osteoporótica mayor (vertebral, cadera, antebrazo y fractura de húmero) (Kanis et al., 2008).

El tratamiento básico consiste en suplementos con calcio y vitamina D. Además, las pacientes a menudo tienen que recurrir a fármacos antirresortivos (bifosfonatos, denosumab, terapia hormonal) y anabólicos (teriparatida, romosozumab), que pueden causar efectos secundarios como cálculos renales, efectos gastrointestinales molestos que incluyen hinchazón y estreñimiento, enfermedad cardiovascular, irritación del tracto gastrointestinal superior, enfermedad similar a la gripe, tromboembolismo venoso o cáncer de mama (Reid, 2015).

Está ampliamente demostrado que la actividad física es capaz de promover la formación ósea; estimulando el metabolismo óseo y su remodelación a través de cargas mecánicas (compresión, tensión y cizallamiento tisular), mejorando la regulación hormonal (estrógenos, hormona paratiroidea y glucocorticoides) y facilitando la regulación de las vías de señalización y la estimulación de las respuestas angiogénicas-osteogénicas (Tong et al., 2019). Por tanto, se ha encontrado en la actividad física una alternativa razonable para tratar DMO reducida con menos o sin efectos secundarios, pero ¿qué tipo de ejercicio físico es el más adecuado, el que mayor efecto produce en los frágiles huesos de las mujeres posmenopáusicas con osteoporosis?

La fragilidad de un esqueleto osteoporótico motiva a los médicos a recomendar ejercicios de baja intensidad para evitar fracturas relacionadas con la carga, pero rara vez éstos son suficientes para aumentar la masa y la fuerza ósea (Kistler-Fischbacher et al., 2021).

Diferentes revisiones sistemáticas han tratado de analizar la efectividad del ejercicio físico en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis. La revisión sistemática de Alonso Pérez et al., (2021) muestra como el ejercicio de fortalecimiento muscular solo o en combinación con otras modalidades terapéuticas mejora la DMO en la columna lumbar y fémur proximal, además de la fuerza muscular, el equilibrio, la funcionalidad y la calidad de vida en esta población. En estas revisiones se expone la necesidad de desarrollar un protocolo de ejercicio perfectamente estructurado y dosificado que se pueda aplicar en centros de referencia cercanos, como los de Atención Primaria o Asociaciones Vecinales, para mejorar

la salud ósea de las mujeres posmenopáusicas con osteoporosis (Anupama et al., 2020, Kemmler et al., 2020, Mohammad Rahimi et al., 2020).

El entrenamiento de fuerza, también denominado “resistencia”, ha demostrado ser un buen medio para aumentar la DMO en mujeres mayores con osteoporosis u osteopenia (Watson et al., 2018, Borba-Pinheiro et al., 2016, Mosti et al., 2013, de Matos et al., 2009, Engelke et al., 2006). La investigación de Borba-Pinheiro et al., indicó que el mismo programa de entrenamiento de fuerza ejecutado 3 veces por semana fue significativamente más eficiente en comparación con el mismo entrenamiento durante 2 veces por semana. Además, Watson et al., mostró que una mayor intensidad en el entrenamiento fue seguida por una mayor mejora en la DMO. Por tanto, los ejercicios de resistencia parecen ser efectivos incluso entre mujeres mayores en lo que respecta a la masa ósea, con intensidades recomendadas entre el 70 % y el 80 % de una repetición máxima (1RM), realizados dos o tres veces por semana, siendo una solución asequible y eficiente para aumentar la masa ósea entre las mujeres posmenopáusicas (Coronado-Zarco et al., 2019, Beck et al., 2017).

En los últimos años, se ha demostrado que las mayores mejoras en DMO en mujeres posmenopáusicas se produce con ejercicios de fuerza e impacto de moderada a alta intensidad y no representa un riesgo significativo para estas mujeres con baja masa ósea cuando se las supervisa de cerca (Watson et al. 2018). Por otro lado, se ha demostrado que la intervención de entrenamiento en circuito aplicada a mujeres mayores con osteopenia induce cambios en la densidad ósea similares a los de los ejercicios ordinarios repetidos con carga de peso y, por lo tanto, el entrenamiento en circuito puede utilizarse como programas de intervención de ejercicios para retrasar y regular la pérdida ósea entre mujeres mayores con osteopenia (Kim & Lee, 2019).

Teniendo en cuenta la evidencia científica que respalda el ejercicio de fuerza e impacto en esta población, y con el fin de aclarar la dosis adecuada para generar los mayores efectos osteogénicos y prevenir fracturas por fragilidad, fomentar el ejercicio físico en la mujer con osteoporosis y comprobar la adherencia al ejercicio que se produce al realizarlo de forma grupal en un gimnasio y de forma individual en casa, este proyecto de investigación propone realizar una intervención de ejercicio terapéutico de fuerza e impacto de alta intensidad en la población posmenopáusica donde la dosis

utilizada (tipos de ejercicio, frecuencia, intensidad, volumen, tiempos de ejecución y descanso) esté perfectamente pautada, controlada y dirigida por un fisioterapeuta.



3. OBJETIVOS

Los objetivos del estudio se van a formular bajo la estrategia PICO:

Población: mujeres posmenopáusicas con osteoporosis según los criterios diagnósticos de la OMS, sin patologías asociadas que contraindiquen el ejercicio terapéutico.

Intervención: 2 grupos realizarán un programa de ejercicio físico terapéutico de fuerza e impacto de moderada a alta intensidad. El grupo 1 (G1) lo realizará de forma grupal en un gimnasio, donde estará dirigido, supervisado y dosificado por un fisioterapeuta. El grupo 2 (G2) realizará el mismo programa de ejercicio en el domicilio, tras ser instruidos en su ejecución por un fisioterapeuta.

Comparación: compararemos los 2 grupos de intervención con un grupo control (GC) que no realizará ningún programa de ejercicio dirigido, pero continuarán con sus rutinas habituales de actividad física.

Resultados: Mediremos la DMO en columna lumbar, fémur proximal (cuello femoral, trocánter y triángulo de Ward) y antebrazo (radio distal) mediante DXA antes de comenzar la intervención, a los 5 meses del inicio, al finalizar la intervención a los 10 meses y al año de comenzar la intervención.

Como resultados secundarios mediremos la asociación de nuestra intervención con las medidas antropométricas, la fuerza muscular, la frecuencia cardiaca de reserva (FCR), la calidad de vida y la capacidad funcional de las mujeres posmenopáusicas. También mediremos la adherencia al programa de ejercicio que se produce durante los 10 meses de intervención.

Las hipótesis de este proyecto de estudio serán las siguientes: (1) los 2 grupos de mujeres posmenopáusicas con osteoporosis que realicen el programa de ejercicio terapéutico obtendrán mejores resultados que el grupo control. (2) El grupo que realice el programa en el gimnasio supervisado por el fisioterapeuta obtendrá mejores resultados que el grupo que lo realice individualmente en casa.

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 TFM: TFM.NA.MITR.FMM.220317.

Diseño del estudio

Este proyecto de investigación tiene el propósito de aplicarse a la población de mujeres posmenopáusicas con osteoporosis del Centro de Salud “Murcia Sur” desde el 1 de septiembre de 2023 hasta el 30 de junio de 2024. Este centro cuenta en sus instalaciones con un gimnasio o Sala de Fisioterapia dónde se realizarán las sesiones de ejercicio terapéutico dirigidas por el fisioterapeuta.

Se realizará un ensayo clínico aleatorizado de tres brazos, donde un investigador asignará las participantes a cada uno de los grupos: ejercicio de fuerza e impacto presencial (G1), ejercicio de fuerza e impacto en casa (G2) y grupo control (GC). Dentro de una intervención de ejercicios, no es posible cegar ni al fisioterapeuta ni al participante; sin embargo, el fisioterapeuta no participará en las evaluaciones de resultados posteriores a la intervención. Otro investigador capacitado cegado a la asignación de grupos recopilará los datos de resultado.

La remodelación ósea requiere un mínimo de 4 a 6 meses (Heaney, 1994) y algún mes más para que los cambios óseos sean detectables por DXA, pero al tratarse de personas no entrenadas que requieren un periodo de adaptación para alcanzar intensidades altas, el programa de ejercicio se realizará durante 10 meses.

En la **Tabla 1 (Anexo I)** se muestra una descripción del cronograma del estudio de acuerdo con las pautas de SPIRIT.

Participantes

Las mujeres que acepten participar en el estudio serán reclutadas desde 1 de marzo a 30 de junio de 2023 en el Centro de Salud de “Murcia Sur”. Tras ser informadas del proyecto de estudio de forma individual por sus médicos de Familia en consulta, darán su autorización para participar firmando el consentimiento informado.

Criterios de selección

Las participantes deben cumplir los siguientes criterios de inclusión: mujeres posmenopáusicas sin límite de edad, diagnosticadas de osteoporosis según los criterios de la OMS (DMO medida con DXA, con una puntuación $T \geq -2,5$ DE). Los criterios de exclusión serán los siguientes: menos de 5 años desde la menopausia, haber sufrido una fractura o cirugía en los últimos 12 meses, tener una lesión o enfermedad asociada que contraindique la actividad física intensa, sufrir un deterioro cognitivo que impida la realización del programa de ejercicio, tomar medicamentos que puedan influir en los huesos a excepción de los prescritos por el médico para la osteoporosis y haber realizado algún tipo de entrenamiento de fuerza en los últimos 12 meses.

Criterios de eliminación: realizar menos del 75 % del total de las sesiones establecidas.

Cálculo del tamaño muestral

Teniendo en cuenta estudios previos (Borba-Pinheiro et al., 2016), se espera un cambio de 0,5 a 4 % en la formación de hueso por evaluación DXA como un indicador de respuesta osteogénica del programa de ejercicio terapéutico, y un 5 % o más en resultados secundarios del estudio. Con un poder del 80 % y un nivel de significación del 5 %, el tamaño muestral total será de 60, es decir se requerirán 20 participantes en cada grupo para detectar una diferencia tan significativa. Cálculo realizado con el programa estadístico G*Power 3.1.9.7.

Análisis estadístico

Tomando como referencia estudios previos (Watson et al., 2018, Borba-Pinheiro et al., 2016), todos los análisis se realizarán con el software SPSS, versión 26.0 para Windows® (Statistical Package for the Social Sciences, Chicago, IL, EE. UU.) y se adoptará el nivel de significación de $p < 0.05$. Se realizará un análisis descriptivo con medidas de tendencia central y dispersión. Se realizarán pruebas de Shapiro-Wilk y Levene para confirmar proximidad con distribución normal y varianza homocedástica. Se utilizarán las pruebas ANOVA de una vía y Kruskal Wallis en el análisis de referencia. Se realizará el ANOVA con medidas repetidas en grupos de factores (G1, G2 y GC) y tiempo (pre y post-test) para

análisis intra e inter-grupos, y el post-hoc de Bonferroni. Se utilizará la ecuación % $[(\text{Posttest_test}) * 100 / \text{test}]$ para determinar la diferencia porcentual.

Variables del estudio

La valoración de las participantes se realizará durante el mes previo al inicio de la intervención (agosto de 2023), a los 5 meses del inicio, cuando finalice el programa a los 10 meses y a los 12 meses del inicio. En primer lugar, con la valoración previa realizada determinaremos en qué situación física se encuentra cada una de las participantes y tendremos en cuenta situaciones de fragilidad antes de iniciar el programa de ejercicio.

Medidas Antropométricas

Se tomarán medidas de altura a través de un estadiómetro de pared (Modelo 216; Seca, Hamburgo, Alemania), de masa corporal a través de una báscula mecánica de haz sin zapatos y con ropa ligera (Modelo 700; Seca, Hamburgo, Alemania), del índice de masa corporal (IMC) que se calculará según la fórmula aceptada ($\text{IMC} = \text{peso} / \text{altura}^2$, kg/m^2) y de la circunferencia de cintura (CC). Hay evidencias que demuestran que el almacenamiento excesivo de grasa alrededor de la cintura expone un riesgo significativo para la salud (Janssen et al., 2002), y este parámetro se utiliza para cuantificar la obesidad abdominal y definir el síndrome metabólico. Se medirá la circunferencia de la cintura con una cinta de acero que se colocará en el plano horizontal al nivel de las crestas ilíacas sobre la piel desnuda y se registrará al final de una espiración suave.

Densidad Mineral Ósea

La DMO por área (g/cm^2 ; contenido mineral óseo relativo al área de proyección) se medirá mediante DXA (XR-46, Norland Corp., Fort Atkinson, WI, Estados Unidos) en la columna lumbar, fémur proximal (cuello femoral, trocánter y triángulo de Ward) y antebrazo (radio distal). Las participantes se colocarán en posición supina sobre la mesa. Antes de cada sesión, el escáner DXA se calibrará usando un fantasma de columna lumbar. Los resultados de la DMO del área se transformarán en puntuaciones T, calculadas como la diferencia entre la medición real y el valor medio de los controles adultos sanos del mismo sexo dividido por su desviación estándar (Marín-Cascales et al., 2019).

Fuerza muscular

La fuerza muscular se medirá con la carga máxima de una sola repetición (1RM), es decir, la carga máxima que un sujeto puede levantar, realizando correctamente una sola repetición de un ejercicio específico. Para calcular la 1RM de cada uno de los ejercicios de fuerza del programa, la resistencia se incrementará progresivamente hasta que las participantes puedan realizar solo 12 o menos repeticiones en cada ejercicio; luego, se calculará 1RM utilizando la ecuación de predicción de 1RM de Brzycki, definida como $\text{Peso} / [1,0278 - (0,0278 \times \text{número de repeticiones})]$.

Frecuencia Cardiaca

Aunque no se utilice como parámetro de prescripción para los ejercicios de fuerza, sí utilizaremos la FCR como parámetro de control de la intensidad en los ejercicios de impacto del programa y del esfuerzo general realizado durante toda la sesión. Karvonen (1957) realizó una importante investigación, definió la FCR como la diferencia entre la frecuencia cardiaca máxima y la de reposo y propuso una intensidad de ejercicio de entre el 60-75% como la óptima para obtener beneficios cardiovasculares.

Esta FCR se ha correlacionado con zonas de entrenamiento cardiovascular y con la Escala de Borg Modificada o de Esfuerzo Percibido (RPE) (Barbado y Barranco, 2007). Durante la realización del ejercicio se tendrá en cuenta para no superar las recomendaciones del 80% de la FCR o la puntuación de 5 (duro) en la RPE (Riebe et al., 2018).

Durante el ejercicio, las participantes dispondrán de un sensor de frecuencia cardiaca Polar® H10 para el control de la FCR.

Calidad de Vida

La calidad de vida relacionada con la salud se evaluará mediante QUALEFFO-41, el cuestionario de calidad de vida de la Fundación Europea para la Osteoporosis (Lips et al., 1999).

Capacidad Funcional

Se utilizarán 3 pruebas para valorar la capacidad funcional de las participantes (Izquierdo, 2019):

1. Test de levantarse y caminar (Timed Up and Go)

2. Test de prensión manual
3. Test de marcha en 6 metros

Su ejecución y aplicación están detalladas en la **Tabla 2 (Anexo II)**.

Se valorará la fragilidad física de las participantes con el Criterio de Fragilidad de Fried (Fried et al., 2001). Ver **Tabla 3 (Anexo II)**.

Adherencia

La adherencia al programa de ejercicio se calculará como el porcentaje completado del total de días de intervención establecidos.

Descripción de la intervención

PROGRAMA DE EJERCICIO DE FUERZA E IMPACTO PRESENCIAL

El programa de ejercicio se realizará durante 10 meses en el gimnasio del Centro de Salud de “Murcia Sur” en 2 grupos de 10 mujeres, y estará dirigido y supervisado en todo momento por un fisioterapeuta. Cada sesión durará aproximadamente 60 minutos y constará de unos 10 minutos de calentamiento (ejercicios de movilidad de todas las articulaciones implicadas, ejercicios de baja intensidad de fuerza utilizando bandas elásticas o el peso corporal y estiramientos activos), 40 minutos de ejercicios de fuerza e impacto que se realizarán en circuito y 10 minutos de vuelta a la calma (caminar por la sala, ejercicios respiratorios y estiramientos activos).

El circuito constará de 10 ejercicios en total, 6 ejercicios de fuerza y 4 de impacto. Los ejercicios de fuerza incluidos en el protocolo serán sentadillas o “squats”, zancadas delanteras o “lunges”, flexiones de brazos o “push ups”, flexiones de codos con elevación de brazos, plancha abdominal frontal y puente de glúteos dinámico. Cada ejercicio de fuerza involucrará a varias articulaciones (multiarticulares), haciendo hincapié en aquellos músculos que actúan en las zonas óseas dónde suelen asentar las fracturas osteoporóticas (cadera, vértebras lumbares y antebrazo). Se han evitado incluir ejercicios con flexión de tronco pues se recomienda evitarlos al aumentar el riesgo de fracturas vertebrales en personas con osteoporosis (Kunutsor et al., 2018).

Los ejercicios de impacto incluidos en el protocolo serán subir y bajar de un escalón, moverse en el lugar, saltos verticales y saltos de tijera o “jumping jacks”.

A cada uno de ellos se le asignará un número del 1 al 10 y cada participante comenzará en un ejercicio diferente cada día e irá avanzando de forma ordenada. Cada ejercicio tendrá 3 variaciones con diferentes niveles de dificultad (Inicial, Medio, y Avanzado). En la valoración inicial, para determinar el nivel de la participante en cada uno de los ejercicios, tendrá que realizar al menos 10 repeticiones perfectamente ejecutadas de cada una de las opciones de los ejercicios, comenzando por el nivel “Inicial” y llegando, si es posible, al “Avanzado”. En el momento que no sea capaz de realizar correctamente 10 repeticiones de un determinado nivel de un ejercicio, se le asignará el nivel inmediatamente inferior, mientras que si es capaz de realizar las repeticiones en los 3 niveles se le asignará el nivel “Avanzado” en ese determinado ejercicio. En el caso de que alguna participante no fuera capaz de realizar 10 repeticiones en el nivel “Inicial” de alguno de los ejercicios se le daría el apoyo necesario para que pudiera realizarlo. Cada mes se volverá a evaluar a cada una de las participantes para situarlas en el nivel de cada ejercicio que la progresión alcanzada permita. El objetivo es que todas las participantes puedan llegar a realizar los ejercicios del nivel “Avanzado”, pero primará, por encima de todo, la adaptación del ejercicio a las aptitudes físicas individuales y la prevención de caídas o lesiones.

El orden del circuito y las variaciones de los ejercicios están presentes en la **Tabla 4 (Anexo III)**. En este **Anexo III** podemos visualizar las figuras correspondientes a cada ejercicio.

- (1) Sentadillas (**Figura 1**)
- (2) Subir y bajar de un escalón (**Figura 2**)
- (3) Zancadas delanteras (**Figura 3**)
- (4) Moverse en el lugar (**Figura 4**)
- (5) Flexiones de brazos (**Figura 5**)
- (6) Saltos verticales (**Figura 6**)
- (7) Flexiones de codos con elevación de brazos (**Figura 7**)

(8) Saltos de tijera (**Figura 8**)

(9) Plancha abdominal frontal (**Figura 9**)

(10) Puente de glúteos dinámico (**Figura 10**)

El marco del “American College of Sports Medicine” (ACSM) para la prescripción del ejercicio emplea el llamado principio FITT-VP, que refleja la frecuencia (F), la intensidad (I), el tiempo (T) y el tipo (T) de ejercicio, y su volumen (V) y progresión (P) a lo largo del tiempo (Riebe et al., 2018), y se tendrán en cuenta sus recomendaciones para personas mayores y con patologías asociadas (ACSM et al., 2009) para el diseño de las variables que conforman el programa (**Tabla 5 en Anexo IV**). Por tanto, la dosis quedará establecida de la siguiente forma en la **Tabla 6 (Anexo IV)**.

Las participantes serán instruidas en la realización del circuito con una sesión individual y otra con el grupo, dónde se explicará la dinámica a seguir. Los ejercicios estarán ordenados del 1 al 10 para que se pueda ir avanzando en sentido de las agujas del reloj en los periodos de descanso entre ejercicios y cada participante comenzará cada día en el ejercicio inmediatamente superior al de la sesión anterior, pasando del 10 al ejercicio 1 cuando sea oportuno. Cada participante sabrá qué alternativa de cada ejercicio tiene que realizar pues previamente en la valoración habrá quedado determinado y hasta el siguiente mes, cuando se realice una nueva valoración, no habrá ningún cambio en los ejercicios.

El tiempo de ejecución de cada ejercicio será de un minuto máximo de duración para realizar el número de repeticiones estipulado cada mes de entrenamiento. Se quiere dar prioridad a la perfecta ejecución de cada una de las repeticiones realizadas en cada ejercicio y no al tiempo de ejecución, aunque habrá un minuto como máximo para realizarlas. Cuando un participante acabe el número de repeticiones antes de ese minuto esperará hasta la finalización del resto y después tendrán el tiempo de descanso estipulado entre series. Por tanto, algunas participantes contarán con algo más de descanso, pero se conseguirá un mejor funcionamiento de la dinámica de circuito en grupo.

Las participantes dispondrán de una hoja de registro de cada sesión (**Tabla 7 en Anexo V**), donde se anotarán efectos adversos y la percepción del esfuerzo realizado a través de la RPE (**Tabla 8 en Anexo V**).

PROGRAMA DE EJERCICIO DE FUERZA E IMPACTO EN CASA

Las participantes del G2 realizarán en casa los 10 mismos ejercicios de fuerza e impacto anteriormente descritos. Para ello, deben disponer en casa del espacio y material necesario para su desarrollo: colchoneta, pulsómetro, cronómetro, silla sin reposabrazos, step de 10, 20 y 40 cms y juego de mancuernas con diferentes discos de peso.

Se realizarán 2 sesiones presenciales individuales en la Sala de Fisioterapia del Centro de Salud de Murcia Sur, donde el fisioterapeuta, tras instruir en la correcta realización de los ejercicios, determinará el nivel (Inicial, Medio o Avanzado) en cada uno de ellos de la misma forma que en el programa del G1 (10 repeticiones perfectamente ejecutadas). Las participantes comenzarán el programa en el nivel de cada ejercicio que se determine en estas 2 sesiones y cada mes se reevaluará para ir progresando hasta el nivel “Avanzado”, si se cumplen las condiciones. En caso de que alguna participante no pueda realizar el nivel “Inicial” de alguno de los ejercicios se adaptará para que pueda realizarlo en casa. Se grabará en el móvil de las participantes los ejercicios correctamente ejecutados y les daremos en papel las diferentes pautas de este programa de ejercicio en circuito para que dispongan de este material explicativo en casa.

La dosis que utilizaremos a lo largo de los 10 meses será la misma que la del G1 (**ver Tabla 6 en Anexo IV**). En cada evaluación mensual determinaremos el peso exacto a utilizar en cada uno de los ejercicios de fuerza y la FCR óptima en los ejercicios de impacto para que las participantes lleven el control de la intensidad de la forma más sencilla posible. Se recomendará realizar el ejercicio a días alternos, preferentemente lunes, miércoles y viernes, aunque se podrán cambiar los días según disponibilidad siempre que se realicen 3 sesiones por semana.

Las participantes dispondrán de un pulsómetro para el control de la frecuencia cardiaca, un cronómetro con señal acústica para que les avise de los tiempos de ejecución y descanso, y una hoja de registro de cada una de las sesiones (**Tabla 9 en Anexo VI**).

GRUPO CONTROL

A las participantes que queden aleatoriamente encuadradas en el GC se les recomendará que continúen con sus rutinas de vida y recibirán la atención habitual. Podrán realizar cualquier tipo de actividad física durante los 10 meses que dure la intervención cuando ellas lo deseen. Dispondrán de una hoja de registro de actividad física, en el que anotarán la fecha y el tipo, tiempo e intensidad del ejercicio realizado a través de la RPE (**Tabla 10 en Anexo VII**).



5. EXPECTATIVAS DE FUTURO DE ESTA PROPUESTA DE ESTUDIO

Esta propuesta de estudio se ha presentado a la Gerencia del Centro de Salud de “Murcia Sur” con el propósito de llevarse a cabo en los plazos establecidos. Se está a la espera de una reunión con el personal que nos pueda proporcionar datos sobre la población posmenopáusica con osteoporosis de esta zona básica de salud.

Una de las posibles limitaciones es que el tamaño muestral del estudio sea superior a la población que cumpla con los criterios de selección. En este caso, se podría ampliar el estudio a la población perteneciente a la zona básica de salud “Barrio del Carmen”, que esta próxima a “Murcia Sur”.



6. SEGURIDAD Y EVENTOS ADVERSOS

Se utilizarán hojas de registro para monitorear los eventos adversos que pueden ocurrir durante las sesiones de ejercicio presencial y en casa. Los eventos adversos comúnmente relacionados con la participación en la actividad física pueden incluir, entre otros, dolor muscular, caídas, lesiones, exacerbación de síntomas existentes o cualquier problema de salud nuevo o modificado.



7. ÉTICA

Se pedirá al Comité de Ética la aprobación del estudio. Se obtendrá el consentimiento informado por escrito de todas las participantes. Los datos de las participantes se gestionarán en una base de datos electrónica segura (SPSS, versión 26.0 para Windows[®]) y los formularios impresos se almacenarán de forma segura en las instalaciones del centro de salud. Se cumplirá con la Ley Orgánica de Protección de Datos garantizando el anonimato de todos los datos que se extraigan del estudio.



8. ANEXOS

8.1. Anexo 1

Tabla 1. Cronograma del Estudio “Efectividad de un programa de ejercicio terapéutico en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis. Diseño de estudio”

PUNTO TEMPORAL	PERIODO DE ESTUDIO					
	SELECCIÓN	ASIGNACIÓN	POSASIGNACIÓN			
	T0 (marzo-junio 2023)	T1 (agosto 2023)	INICIO	T2 (5 meses)	T3 (10 meses)	T4 (12 meses)
INSCRIPCIÓN						
Criterios de selección	X					
Consentimiento informado	X					
Asignación		X				
INTERVENCIONES						
Grupo 1 (presencial)			←————→			
Grupo 2 (casa)			←————→			
Grupo C (control)			←————→			
VALORACIONES						
Medidas antropométricas		X		X	X	X
Densidad mineral ósea		X		X	X	X
Fuerza muscular		X		X	X	X
Frecuencia cardiaca reserva		X		X	X	X
Calidad de vida		X		X	X	X
Capacidad funcional		X		X	X	X
Adherencia			←————→			
Efectos adversos			←————→			

8.2. Anexo II

Tabla 2. Pruebas de Capacidad Funcional

PRUEBAS DE CAPACIDAD FUNCIONAL	EJECUCIÓN	APLICACIÓN
Test de levantarse y caminar (Timed Up and Go)	Se indicará a las participantes que se levanten de una posición sentada sin usar las manos como ayuda, caminen a un ritmo rápido hasta una marca en el piso a una distancia de 3 metros, giren y regresen a la posición inicial. Se realizarán dos intentos (se utiliza el menor de los tiempos), las participantes serán cronometradas desde el punto en que su espalda ya no hace contacto con la silla hasta que regresan al inicio y adoptan la posición correcta de sentado.	Es una medida de la movilidad funcional y el equilibrio dinámico (Podsiadlo & Richardson, 1991). Predice efectos adversos como riesgo de caídas. Los tiempos son peores que el promedio si superan: 9,0 segundos para personas de 60 a 69 años, 10,2 segundos para personas de 70 a 79 años, y 12,7 segundos para personas de 80 a 99 años. Estos tiempos justifican intervenciones dirigidas a mejorar su fuerza, equilibrio y/o movilidad (Bohannon, 2006).
Test de prensión manual	Se utilizará un dinamómetro hidráulico (Jamar®) y se colocará la mano dominante, con codo estirado y brazo ligeramente separado del cuerpo. Se realizan dos intentos (se utiliza el mayor) en los que se pide que aprieten todo lo posible el dinamómetro con agarre manual.	Resultados < 16 kg en mujeres predicen la debilidad en la mujer y el riesgo de deterioro de la capacidad intrínseca (Cruz-Jentoft et al., 2020).
Test de marcha en 6 metros	Consiste en medir el tiempo que se tarda en caminar al ritmo habitual comenzando un metro antes de la línea de salida y parándose un metro después de la línea de llegada. Se realizan dos intentos (se utiliza el menor de los tiempos).	La velocidad de la marcha se asocia con la supervivencia en adultos mayores, y refleja el estado funcional y bienestar de esta población. Velocidades inferiores a 0,6 m/s aumentan la probabilidad de mala salud y funcionamiento (Studenski et al., 2011, 2003).

Tabla 3. Criterios de Fragilidad de Fried

Pérdida de peso no intencionada 5 kilogramos o bien > 5% del peso corporal en el último año
Debilidad muscular Fuerza prensora < 20% del límite de normalidad ajustado por sexo e índice de masa corporal
Baja resistencia-cansancio Referido por la misma persona e identificado por 2 preguntas de la escala CES-D (Center Epidemiological Studies Depression)
Lentitud de la marcha Velocidad de la marcha para recorrer una distancia de 4,5 metros, < 20% del límite de normalidad ajustado por sexo y altura
Nivel bajo de actividad física Cálculo del consumo de calorías semanales por debajo del quintil inferior ajustado por sexo

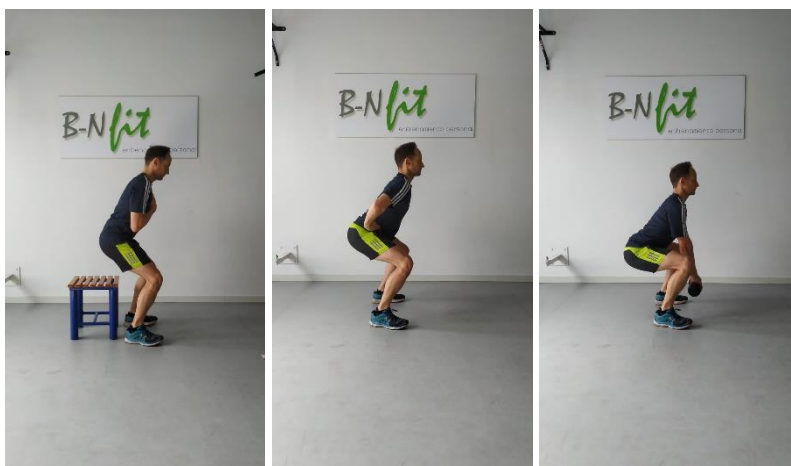
La presencia de 3 o más criterios indica fragilidad



8.3. Anexo III

Tabla 4. Circuito y Variaciones de Ejercicios

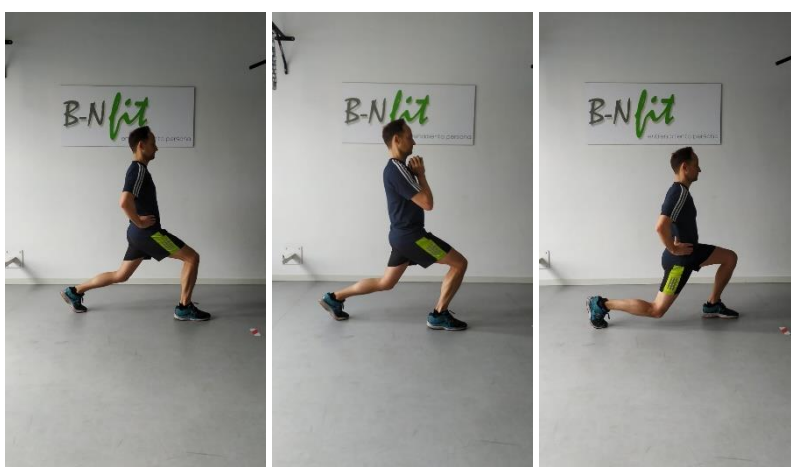
EJERCICIOS	INICIAL	MEDIO	AVANZADO
1) Sentadillas	Sentadillas a la silla	Sentadillas al aire	Sentadillas con peso añadido (mancuerna)
2) Subir y bajar de un escalón	Subir y bajar de un escalón de 10 cms	Subir y bajar de un escalón de 20 cms	Subir y bajar de un escalón de 40 cms
3) Zancadas delanteras	Zancadas delanteras con ángulo de rodilla superior a 90°	Zancadas delanteras con ángulo de rodilla superior a 90° con peso añadido (mancuernas)	Zancadas delanteras con ángulo de rodilla igual a 90°
4) Moverse en el lugar	Andar en el lugar	Trotar en el lugar	Correr en el lugar
5) Flexiones de brazos	Flexiones de brazos en pared	Flexiones de brazos con apoyo de las rodillas	Flexiones de brazos con apoyo de los pies
6) Saltos Verticales	Saltos verticales desde bipedestación con apoyo	Saltos verticales desde bipedestación	Saltos verticales desde sentadilla
7) Flexiones de codos con elevación de hombros	Flexiones de codos sin elevación de brazos con peso añadido (mancuernas)	Flexión de codos con elevación de brazos hasta 90° con peso añadido (mancuernas)	Flexión de codos con elevación de brazos hasta 180° con peso añadido (mancuernas)
8) Saltos de tijera	Saltos de tijera con apoyo	Saltos de tijera con movimiento de brazos hasta 90°	Saltos de tijera con movimiento de brazos hasta 180°
9) Plancha abdominal frontal	Plancha abdominal en pared	Plancha abdominal con apoyo de rodillas	Plancha abdominal con apoyo de pies
10) Puente de glúteos dinámico	Puente de glúteos sin peso añadido	Puente de glúteos con peso añadido (mancuerna)	Puente de glúteos con una sola pierna



Inicial (a la silla) Medio (al aire) Avanzado (+ peso)
Figura 1. Sentadillas



Inicial (10 cms) Medio (20cms) Avanzado (40cms)
Figura 2. Subir y bajar de un escalón



Inicial (rodilla > 90°) Medio (+ peso) Avanzado (rodilla = 90°)
Figura 3. Zancadas delanteras



Inicial (andar)

Medio (trotar)

Avanzado (correr)

Figura 4. Moverse en el lugar



Inicial (en pared)

Medio (con rodillas)

Avanzado (con pies)

Figura 5. Flexiones de brazos



Inicial (con apoyo)

Medio (de pie)

Avanzado (sentadilla)

Figura 6. Saltos verticales



Inicial (sin hombros) Medio (hombros 90°) Avanzado (hombros 180°)
Figura 7. Flexiones de codos con elevación de hombros



Inicial (con apoyo) Medio (brazos 90°) Avanzado (brazos 180°)
Figura 8. Saltos de tijera



Inicial (en pared) Medio (con rodillas) Avanzado (con pies)
Figura 9. Plancha abdominal frontal



Inicial (2 piernas)

Medio (+ peso)

Avanzado (1 pierna)

Figura 10. Puente de glúteos dinámico



8.4. Anexo IV

Tabla 5. Diseño de las Variables del Programa de Ejercicio

FRECUENCIA DEL EJERCICIO	Se realizarán 3 sesiones por semana y la asistencia mínima para que las participantes no sean excluidas del estudio será de un 75% del total de sesiones realizadas. Se fijarán como días de ejercicio los lunes, miércoles y viernes, aunque se podrán cambiar los días en caso de coincidencia con festivos.
INTENSIDAD DEL EJERCICIO	La intensidad del ejercicio adecuada para comenzar un entrenamiento de fuerza en personas con osteoporosis y no habituadas al ejercicio de fuerza será del 40-50% del 1RM, para posteriormente ir progresando con los meses a intensidades del 60, 70 y hasta el 80% del 1RM. En los ejercicios de impacto utilizaremos un porcentaje de la FCR para controlar la intensidad del esfuerzo realizado y se irá aumentando la carga conforme avance el programa.
VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO	De 10 a 15 será el rango de repeticiones que se establecerá en los ejercicios de fuerza al inicio del programa. Realizaremos 2 series del circuito de 10 ejercicios, aunque como señala la ACSM (2018) en personas con bajos niveles de condición física se podrá comenzar con una única serie e ir progresando a medida que mejore el sujeto. Conforme la intensidad del ejercicio vaya aumentando, el número de repeticiones irá disminuyendo hasta un rango de 5 a 10 repeticiones. Se establecerá un periodo de tiempo de 1 minuto máximo para cada intervalo de ejercicio. En los ejercicios de impacto el número de repeticiones estará determinado por la FCR, aunque nunca sobrepasaremos intervalos de trabajo de 1 minuto.
TIEMPO DE DESCANSO	El periodo de descanso entre ejercicios será mínimo de 1 minuto, pudiendo llegar a los 2 minutos de descanso en el primer mes del programa. El descanso entre series disminuirá de 5 a 3 minutos conforme los meses avancen.
PROGRESIÓN	El objetivo es que la intensidad vaya progresando un 10% cada mes de entrenamiento hasta llegar a la intensidad máxima establecida (80%), aunque antes de incrementarla la participante deberá ser capaz de soportar las sesiones con una fatiga de leve a moderada. Para ello se utilizará la Escala de Esfuerzo Percibido (RPE) y no deberá superar la puntuación de 5 (duro).

Tabla 6. Dosis del Programa de Ejercicio

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO- JUNIO
EJERCICIOS	10	10	10	10	10
FRECUENCIA	3	3	3	3	3
INTENSIDAD (FUERZA/IMPACTO)	40% 1RM / < 40 % FCR	50% 1RM / < 50 % FCR	60% 1RM / < 60 % FCR	70% 1RM / < 70 % FCR	80% 1RM / < 80 % FCR
VOLUMEN (SERIES/REPETICIONES)	1s / 10-15 rep	2s / 10-15 rep	2s / 8-10 rep	2s / 8-10 rep	2s / 5-8 rep
TIEMPO EJERCICIO	1´	1´	1´	1´	1´
TIEMPO DESCANSO (EJERCICIOS)	1´ 30´´ - 2´	1´ 30´´	1´	1´	1´
TIEMPO DESCANSO (SERIES)	-	5´	4´	3´	3´

8.5. Anexo V

Tabla 7. Hoja de Registro de Sesiones Presenciales

FECHA	
MES	
SEMANA N°	
DÍA DE LA SEMANA	
HORA DE INICIO	
DURACIÓN DE LA SESIÓN	
NIVEL DE EJERCICIO 1	
NIVEL DE EJERCICIO 2	
NIVEL DE EJERCICIO 3	
NIVEL DE EJERCICIO 4	
NIVEL DE EJERCICIO 5	
NIVEL DE EJERCICIO 6	
NIVEL DE EJERCICIO 7	
NIVEL DE EJERCICIO 8	
NIVEL DE EJERCICIO 9	
NIVEL DE EJERCICIO 10	
ESCALA DE ESFUERZO PERCIBIDO (0-10)	
EVENTOS ADVERSOS O INCIDENCIAS	



Tabla 8. Escala de Esfuerzo Percibido (RPE)

PUNTUACIÓN	VALORACIÓN DEL ESFUERZO
0	Reposo total
1	Esfuerzo muy suave
2	Suave
3	Moderado
4	Un poco duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	Muy muy duro
10	Esfuerzo máximo

8.6. Anexo VI

Tabla 9. Hoja de Registro de Sesiones en Casa

FECHA	
MES	
SEMANA N°	
DÍA DE LA SEMANA	
HORA DE INICIO	
DURACIÓN DE LA SESIÓN	
NIVEL DE EJERCICIO 1	
NIVEL DE EJERCICIO 2	
NIVEL DE EJERCICIO 3	
NIVEL DE EJERCICIO 4	
NIVEL DE EJERCICIO 5	
NIVEL DE EJERCICIO 6	
NIVEL DE EJERCICIO 7	
NIVEL DE EJERCICIO 8	
NIVEL DE EJERCICIO 9	
NIVEL DE EJERCICIO 10	
ESCALA DE ESFUERZO PERCIBIDO (0-10)	
EVENTOS ADVERSOS O INCIDENCIAS	



8.7. Anexo VII

Tabla 10. Hoja de Registro de Actividad Física del Grupo Control

FECHA	
MES	
SEMANA N°	
DÍA DE LA SEMANA	
TIPO DE ACTIVIDAD FÍSICA	
HORA DE INICIO	
DURACIÓN DE LA SESIÓN	
ESCALA DE ESFUERZO PERCIBIDO (0-10)	
EVENTOS ADVERSOS O INCIDENCIAS	



8.8. Anexo VIII

Financiación, Presupuesto y Recursos Humanos

FINANCIACIÓN Y PRESUPUESTO	Se pedirá financiación al Servicio Murciano de Salud (SMS) para la compra del material necesario para llevar a cabo el estudio tanto de forma presencial como en casa (pulsómetros, cronómetros, colchonetas, mancuernas, steps). Todos los gastos eventuales en los que se incurran durante el proceso se documentarán. Se diseñará una evaluación económica como parte integral del ensayo y tomará la forma de un análisis de coste-utilidad realizado desde la perspectiva del SMS. Se estimará el coste para el Servicio por llevar a cabo cada una de las intervenciones y las participantes informarán a 12 meses sobre los contactos de atención médica (visitas al médico general, urgencias, clínicas ambulatorias, ingresos, etc.). A través de encuestas, se conocerá la satisfacción, el bienestar experimentado y la adherencia al ejercicio de las participantes tras la intervención.
RECURSOS HUMANOS	4 personas que trabajan en el SMS serán las encargadas de llevar a cabo el estudio: 1 fisioterapeuta (dirigir las sesiones de ejercicio) 1 auxiliar de enfermería (apoyar durante las sesiones) 1 investigador (designar aleatoriamente a las participantes a los diferentes grupos) 1 investigador (realizar las valoraciones de las participantes)

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Pérez JL, Martín Pérez S, Battaglino A, Villafañe JH, Alonso-Sal A, Sánchez Romero EA. An Up-Date of the Muscle Strengthening Exercise Effectiveness in Postmenopausal Women with Osteoporosis: A Qualitative Systematic Review. *J Clin Med*. 2021 May 21;10(11):2229.
- American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 Jul;41(7):1510-30.
- Anupama DS, Norohna JA, Acharya KK, Ravishankar, George A. Effect of exercise on bone mineral density and quality of life among postmenopausal women with osteoporosis without fracture: A systematic review. *Int J Orthop Trauma Nurs*. 2020 Nov;39:100796.
- Barbado, C., & Barranco, D. *Manual de ciclo indoor avanzado. Paidotribo (Barcelona). 198p. 2007.*
- Beck BR, Daly RM, Singh MA, Taaffe DR. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *J Sci Med Sport*. 2017 May;20(5):438-445.
- Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med*. 2005;35(10):841-51.
- Borba-Pinheiro CJ, Dantas EH, Vale RG, Drigo AJ, Carvalho MC, Tonini T, Meza EI, Figueiredo NM. 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.
- Bohannon RW. Reference values for the timed up and go test: a descriptive meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther*. 2006;29(2):64-8.
- Christenson ES, Jiang X, Kagan R, Schnatz P. Osteoporosis management in post-menopausal women. *Minerva Ginecol*. 2012 Jun;64(3):181-94.

- Coronado-Zarco R, Olascoaga-Gómez de León A, García-Lara A, Quinzaños-Fresnedo J, Nava-Bringas TI, Macías-Hernández SI. Nonpharmacological interventions for osteoporosis treatment: Systematic review of clinical practice guidelines. *Osteoporos Sarcopenia*. 2019 Sep;5(3):69-77.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M, Zamboni M; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169. Erratum in: *Age Ageing*. 2019 Jul 1;48(4):601.
- Engelke K, Kemmler W, Lauber D, Beeskow C, Pintag R, Kalender WA. Exercise maintains bone density at spine and hip EFOPS: a 3-year longitudinal study in early postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2006 Jan;17(1):133-42.
- Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, Seeman T, Tracy R, Kop WJ, Burke G, McBurnie MA; Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001 Mar;56(3):M146-56.
- Heaney RP. The bone-remodeling transient: implications for the interpretation of clinical studies of bone mass change. *J Bone Miner Res*. 1994 Oct;9(10):1515-23.
- Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, McCloskey EV, Jönsson B, Kanis JA. Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arch Osteoporos*. 2013;8(1):136.
- Izquierdo M. Prescripción de ejercicio físico. El programa Vivifrail como modelo [Multicomponent physical exercise program: Vivifrail]. *Nutr Hosp*. 2019 Jul 1;36(Spec No2):50-56. Spanish.

- Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R. Body mass index, waist circumference, and health risk: evidence in support of current National Institutes of Health guidelines. *Arch Intern Med.* 2002 Oct 14;162(18):2074-9.
- Järvinen TL, Sievänen H, Khan KM, Heinonen A, Kannus P. Shifting the focus in fracture prevention from osteoporosis to falls. *BMJ.* 2008 Jan 19;336(7636):124-6.
- Kanis JA, Cooper C, Rizzoli R, Reginster JY; Scientific Advisory Board of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis (ESCEO) and the Committees of Scientific Advisors and National Societies of the International Osteoporosis Foundation (IOF). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 2019 Jan;30(1):3-44.
- Kanis JA, Johnell O, Oden A, Johansson H, McCloskey E. FRAX and the assessment of fracture probability in men and women from the UK. *Osteoporos Int.* 2008 Apr;19(4):385-97.
- Kanis JA, Melton LJ 3rd, Christiansen C, Johnston CC, Khaltsev N. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res.* 1994 Aug;9(8):1137-41.
- Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957;35(3):307-15.
- Kemmler W, Shojaa M, Kohl M, von Stengel S. Effects of Different Types of Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Calcif Tissue Int.* 2020 Nov;107(5):409-439.
- Kim KH, Lee HB. Effects of circuit training interventions on bone metabolism markers and bone density of old women with osteopenia. *J Exerc Rehabil.* 2019 Apr 26;15(2):302-307. doi: 10.12965/jer.1836640.320.
- Kistler-Fischbacher M, Weeks BK, Beck BR. The effect of exercise intensity on bone in postmenopausal women (part 2): A meta-analysis. *Bone.* 2021 Feb;143:115697.
- Kunutsor SK, Leyland S, Skelton DA, James L, Cox M, Gibbons N, Whitney J, Clark EM. Adverse events and safety issues associated with physical activity and exercise for adults with osteoporosis and osteopenia: A systematic review of observational studies and an updated review of interventional studies. *J Frailty Sarcopenia Falls.* 2018 Dec 1;3(4):155-178.

- Lips P, Cooper C, Agnusdei D, Caulin F, Egger P, Johnell O, Kanis JA, Kellingray S, Leplege A, Liberman UA, McCloskey E, Minne H, Reeve J, Reginster JY, Scholz M, Todd C, de Vernejoul MC, Wiklund I. Quality of life in patients with vertebral fractures: validation of the Quality of Life Questionnaire of the European Foundation for Osteoporosis (QUALEFFO). Working Party for Quality of Life of the European Foundation for Osteoporosis. *Osteoporos Int.* 1999;10(2):150-60.
- Marín-Cascales E, Rubio-Arias JÁ, Alcaraz PE. Effects of Two Different Neuromuscular Training Protocols on Regional Bone Mass in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Trial. *Front Physiol.* 2019 Jul 10;10:846.
- Marques EA, Mota J, Carvalho J. Exercise effects on bone mineral density in older adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Age (Dordr).* 2012 Dec;34(6):1493-515.
- de Matos O, Lopes da Silva DJ, Martinez de Oliveira J, Castelo-Branco C. Effect of specific exercise training on bone mineral density in women with postmenopausal osteopenia or osteoporosis. *Gynecol Endocrinol.* 2009 Sep;25(9):616-20.
- Mohammad Rahimi GR, Smart NA, Liang MTC, Bijeh N, Albanaqi AL, Fathi M, Niyazi A, Mohammad Rahimi N. The Impact of Different Modes of Exercise Training on Bone Mineral Density in Older Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis Research. *Calcif Tissue Int.* 2020 Jun;106(6):577-590.
- Mosti MP, Kaehler N, Stunes AK, Hoff J, Syversen U. Maximal strength training in postmenopausal women with osteoporosis or osteopenia. *J Strength Cond Res.* 2013 Oct;27(10):2879-86.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991 Feb;39(2):142-8.
- Reid IR. Efficacy, effectiveness and side effects of medications used to prevent fractures. *J Intern Med.* 2015 Jun;277(6):690-706.
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., Magal, M., & American College of Sports Medicine (Eds.). (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* Wolters Kluwer.

- Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, Brach J, Chandler J, Cawthon P, Connor EB, Nevitt M, Visser M, Kritchevsky S, Badinelli S, Harris T, Newman AB, Cauley J, Ferrucci L, Guralnik J. Gait speed and survival in older adults. *JAMA*. 2011 Jan 5;305(1):50-8.
- Studenski S, Perera S, Wallace D, Chandler JM, Duncan PW, Rooney E, Fox M, Guralnik JM. Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc*. 2003 Mar;51(3):314-22.
- Tong X, Chen X, Zhang S, Huang M, Shen X, Xu J, Zou J. The Effect of Exercise on the Prevention of Osteoporosis and Bone Angiogenesis. *Biomed Res Int*. 2019 Apr 18;2019:8171897.
- 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.
- World Health Organization. *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a WHO study group [meeting held in Rome from 22 to 25 June 1992]*. 1994. World Health Organization.
- Zitzmann AL, Shojaa M, Kast S, Kohl M, von Stengel S, Borucki D, Gosch M, Jakob F, Kerschhan-Schindl K, Kladny B, Lange U, Middeldorf S, Peters S, Schoene D, Sieber C, Thomasius F, Uder M, Kemmler W. The effect of different training frequency on bone mineral density in older adults. A comparative systematic review and meta-analysis. *Bone*. 2022 Jan;154:116230.