



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Universidad Nacional
ARTURO JAURETCHE

Tesinas de Grado

Melita, Claudio Norberto

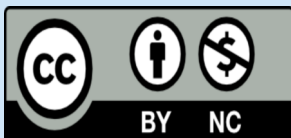
Implementación de ejercicios de alto impacto en el tratamiento de osteoporosis en mujeres posmenopáusicas mayores de 60 años

2023

Instituto de Ciencias de la Salud

Carrera: Licenciatura en Kinesiología y

Fisiatría



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – No comercial 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Melita, CN. Implementación de ejercicios de alto impacto en el tratamiento de osteoporosis en mujeres posmenopáusicas mayores de 60 años [Tesis de grado]. Florencio Varela: Universidad Nacional Arturo Jauretche; 2023. 60 p. Disponible en: <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3035>

TESINA

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Presentada para acceder al título de grado de la carrera

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

TÍTULO

**“IMPLEMENTACIÓN DE EJERCICIOS DE ALTO IMPACTO EN
EL TRATAMIENTO DE OSTEOPOROSIS EN MUJERES
POSMENOPÁUSICAS MAYORES DE 60 AÑOS”**

Autor

Melita, Claudio Norberto

Nro. Legajo: 7499

Director

Lic. Fierro, Marcelo

Fecha de entrega:

10/05/2023

Agradecimientos

En primer lugar, a las personas que hicieron posible la creación y el funcionamiento de esta hermosa e inclusiva Universidad, que brinda la oportunidad a miles de estudiantes de la zona sur del conurbano bonaerense de una formación académica de calidad, que de no existir nuestra Universidad sería una barrera inaccesible para los estudiantes continuar una carrera universitaria.

A Karin Guaita, mi amor y compañera de vida, por su permanente apoyo y tiempo.

A mis hijas, por su amor incondicional.

A mi madre, porque siempre estuvo con su café preparado para cuando de estudiar se trataba.

A mis hermanos que siempre estuvieron para darme una mano en lo que fuera necesario.

A mis amigos y compañeros de trabajo que me alentaron a seguir y no bajar los brazos.

A mi Director de tesis, Licenciado Marcelo Fierro porque a pesar de su complicada agenda siempre se supo hacer un tiempo para dedicarle a mi trabajo.

¡A todos muchas gracias!

Índice

I.Introducción	4
II. Objetivos.....	8
II.a. Objetivo General:	8
II.b. Objetivos específicos:	9
III. Justificación	9
IV. Metodología:	10
V. Marco Teórico	11
V.1. Fisiopatología de la osteoporosis.....	11
V.1.1 Anatomía ósea.....	11
V.1.2. Remodelación ósea	14
V.1.3. Regulación de la remodelación ósea	15
V.1.4. Función de los estrógenos	16
V.1.5 Menopausia	17
V.1.6. Osteoporosis	17
V.1.7 Alteración de las unidades de remodelación en la osteoporosis.....	19
V.1.8. Diagnóstico	22
V.1.9. Epidemiología.	22
V.1.10. Factores de riesgo.	24
V.2. Actividad Física y Ejercicio Físico.....	25
V.2.1. Evolución y Actividad Física	25
V.2.2. Actividad Física y Salud	26
V.2.3. Bases Fisiológicas de la Actividad Física.....	27
V.2.4. Efectos Estructurales de la Actividad Física.....	28
V.2.5. Efectos funcionales de la Actividad Física.	28
V.2.6. Ejercicio Físico como regulador de la Densidad Ósea.	29
V.2.7. Personas mayores y pérdida de fuerza.	30

V.2.8. Intensidad del Ejercicio.	33
V.2.9. ROL DE LA KINESIOLOGÍA.	37
VI. CONTEXTO DE ANALISIS.	38
VII. Resultados.	50
VII.1. Búsqueda de literatura y selección de artículos.	50
VII:2. Tipos de estudios y características de las intervenciones.	50
VII.3. Frecuencia y duración de los programas.	51
VII.4. Adhesión.	52
VII.5. Efecto de las intervenciones.	52
VIII. Conclusión.	53
IX. Referencias Bibliográficas:	56

Índice de Tablas

I.Introducción	5
Tabla 1 Términos de búsqueda	10
Tabla 2 Combinaciones de Términos	11
Tabla 3. Osteoporosis, edad y cambios endócrinos. Relación con las fracturas.....	25
Tabla 4. Potencia. Desarrollo de la fuerza en los miembros inferiores.	31
Tabla 5. Disminución de la masa muscular con la edad.	32
Tabla 7. Pérdida de la fuerza muscular con la edad.	33
Tabla 8. Actividades y sus valores en MET. Modificada de Wilmore et al, 2004... 	34
Tabla 9.Escala de Borg. Modificado de: Buceta, 1998.....	34
Tabla 10. Intensidad del Ejercicio.Modificado de: Wilmore et al, 2004.	¡Error!
Marcador no definido.	

Índice de Figuras

Figura 1. Vascularización e inervación de un hueso largo. (Moore & Dalley, 2009)	13
Figura 2. A) Sección transversa de un hueso largo. b) Sección longitudinal de un hueso largo. (Le Vay, 2008).....	13
Figura 3. Remodelación Ósea.....	15
Figura 4. Aplastamiento vertebral osteoporótico de L1.....	19
Figura 5. Microarquitectura ósea.....	21

Abreviaturas

OMS: Organización Mundial de la Salud

FSH: Hormona Folículo Estimulante

NIH: National Institutes of Health

OP: Osteoporosis

PH: coeficiente que indica el grado de acidez

RANK: Receptor del Factor nuclear-kB

RANKL: Ligando activador del receptor del factor nuclear kB

M-CSF: Factor estimulante de colonias de macrófagos

OPG: Osteoprotegerina

IGF-1: Factor de crecimiento similar a la insulina 1

TGF- β : Factor de crecimiento tumoral- β

FGF-2: Factor de crecimiento de fibroblastos 2

PTHr1: Hormona paratiroidea receptor 1

IL-1: Interleucina 1

IL-4: Interleucina 4

IL-6: Interleucina 6

TNF: Factor de tumor necrosis

DEXA: Absorimetría de rayos x de energía nuclear

DMO: Densidad Mineral Ósea

DE: Desviación Estándar

FRAX: Fracture Risk Assessment Tool

LAVOS: Latin-American Vertebral Osteoporosis Study

IMC: Índice de Masa Corporal

GET: Gasto Energético Total

ACV: Accidente Cerebro Vascular

ATP: Trifosfato de Adenosina

ADP: Adenosindifosfato

GMPc: Guanosin Monofosfato Cíclico

MET: Equivalente Metabólico

VO₂: Consumo de Oxígeno

VO₂ Max: Consumo Máximo de Oxígeno

FC Reserva: Frecuencia Cardíaca de Reserva

FC MAX: Frecuencia Cardíaca Máxima

LIFMOR: Lifting Intervention for Training Muscle and Osteoporosis Rehabilitation

HIRIT: Entrenamiento de Resistencia e Impacto de Alta Intensidad

ECA: Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado

LS: Columna Lumbar

FN: Cuello Femoral

TH: Cadera Total

DME: Diferencia de Medidas Estandarizadas

LBM: Masa Corporal Magra

GFR: Fuerza de Reacción del Suelo

LIPBE: Ejercicio basado en Pilates de Baja Intensidad

HIRIT-med: Entrenamiento de resistencia e Impacto de Alta Intensidad más medicación ósea

LIPBE-med: Ejercicio basado en Pilates de Baja Intensidad más medicación ósea

IC: Intervalo de Confianza

vBMC: Contenido Mineral Óseo Volumétrico

vBMD: Densidad Mineral Ósea Volumétrica

aBMD: Densidad Mineral Ósea por área

DRT: Ejercicio de Resistencia Dinámica

WB: Ejercicio de Carga de peso

RT: Ejercicio de Resistencia

GRF: Fuerza de Reacción del Suelo

CVRS: Calidad de Vida Relacionada con la Salud

Tb. N: Número Trabecular

tBFR: Tasa de formación de Hueso Trabecular

I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) define a la menopausia natural o fisiológica como *“el cese permanente de la menstruación, determinada de manera retrospectiva después de 12 meses consecutivos de amenorrea, sin causas patológicas”* en la población de mujeres entre 45 y 55 años de edad.

Fisiológicamente al inicio de la menopausia se produce una disminución de los niveles de inhibina, que es una hormona que mantiene bajos los niveles de la hormona folículo estimulante (en adelante, FSH). Razón por la cual los niveles séricos de FSH comienzan a aumentar, provocando así, el descenso de la producción de estrógenos. Ésta hormona inhibe la resorción ósea y aumenta la liberación del factor de crecimiento transformante-beta en los osteoclastos, favoreciendo la reabsorción ósea. Se produce un desequilibrio en el proceso de remodelado frente a la deficiencia de estrógenos, que provoca una mayor resorción ósea, hecho que se agrava en la posmenopausia, de aquí la asociación entre menopausia y osteoporosis.(1)

La osteoporosis se define como la enfermedad del hueso caracterizada por una menor resistencia del mismo, que se debe tanto a un déficit de la densidad mineral ósea, que indica la cantidad, como a una alteración de la micro arquitectura que indica la calidad del hueso, o a ambos factores, lo que ocasiona una mayor fragilidad y una mayor predisposición a sufrir fracturas ante mínimos traumatismos.(2)

La osteoporosis es una enfermedad que afecta actualmente a 200 millones de personas en el mundo. Datos del Consenso Iberoamericano de osteoporosis (2010) revelan que del 30% al 50% de las personas la padecerán. (3)

Luego de una fractura de cadera, la tasa de mortalidad al año es en promedio del 20%. Aproximadamente el 10% de los pacientes quedan dependientes, el 19% de los pacientes requieren cuidados domiciliarios y entre el 30% y el 50% vuelven a sus actividades habituales.(4)

Éstos datos reflejan el gran problema de salud que implica la osteoporosis a nivel global, así como el impacto que genera en la población afectada con una disminución en su calidad de vida.

En Argentina la tasa media anual de fracturas de cadera es de 298 cada 100000 mujeres mayores de 50 años y 118/100000 en varones. De esta manera son más de 34000 fracturas al año en esta población, lo que representa un promedio de 90 fracturas diarias.(5)

La OMS, en su estrategia global sobre alimentación, actividad física y salud (2010) estableció que la masa ósea baja se reconoce como un factor importante de fractura, por lo tanto, es un objetivo clave para la prevención de la osteoporosis. Se cree que el sedentarismo genera una descarga del sistema esquelético que resulta en una reducción de la masa ósea. Por el contrario, la actividad física estimula el crecimiento óseo y preserva la masa ósea por lo que, la actividad física es beneficiosa para un envejecimiento saludable, aportando resultados positivos en el aumento de la masa muscular, en la disminución del riesgo de fractura ósea, el aumento del equilibrio, la postura, y la disminución del dolor. (6)

Dentro del entrenamiento físico, los ejercicios de alto impacto, incluyen saltos y trotes estacionarios que se realizan con ambos pies fuera del piso. Apoyando toda la planta del pie al final del movimiento.(7)

Considerando la prevalencia de ésta enfermedad y el deterioro en la calidad de vida de los pacientes, surge el interés por realizar la siguiente investigación acerca del ejercicio de alto impacto en el tratamiento de la osteoporosis mediante una revisión bibliográfica que permita indagar sobre sus efectos como una opción de maximizar los resultados del tratamiento en mujeres posmenopáusicas mayores de 60 años.

II. OBJETIVOS

II.a. Objetivo General: Realizar una revisión bibliográfica para conocer los efectos del ejercicio de alto impacto en el tratamiento de la osteoporosis en mujeres posmenopáusicas y analizar los resultados expuestos.

II.b. Objetivos específicos:

Para la realización del objetivo general se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Describir la fisiopatología de la osteoporosis y las características de la población objeto de este trabajo, así como las consecuencias de dicha enfermedad.
- Describir en qué consisten los ejercicios de alto impacto
- Analizar los mecanismos de acción de los ejercicios de alto impacto y su relación con la Densidad Mineral Ósea.

III. JUSTIFICACIÓN

En Argentina la tasa media de fracturas por osteoporosis es de 34000 al año, dejando a un gran porcentaje de la población dependiente; diversos estudios establecen que la actividad física es primordial, y el ejercicio terapéutico realizado de manera personalizada de acuerdo a las capacidades físicas de cada paciente es uno de los pilares fundamentales del tratamiento. Sin embargo, los de alto impacto presentan ciertas controversias sobre su uso, por lo cual, el aporte que este trabajo pretende hacer es incrementar el conocimiento en el campo clínico y teórico sobre los efectos del ejercicio de alto impacto dentro de la población establecida, mujeres posmenopáusicas mayores de 60 años, que permita evaluar sus pautas de aplicación, apoyada en la evidencia científica y aportar una herramienta válida que contribuya al tratamiento de la enfermedad.

IV. METODOLOGÍA:

Se realizará una revisión bibliográfica sobre artículos científicos publicados en un periodo de tiempo comprendido entre los años 2013 y 2022 extraídos de diferentes buscadores como Google Académico, Pubmed, Scielo, Cochrane Library, Biblioteca Virtual de Salud (BVS), Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT mediante la combinación de palabras clave (DeCs/Mesh)

Tabla 1 Términos de búsqueda

Términos	Libres	DECS	MESH
# 1	Osteoporosis	Osteoporosis menopáusica	"Osteoporosis, Postmenopausal"[Mesh]
# 2	Menopausia		
# 3	Ejercicio terapéutico	Ejercicio terapéutico	"Exercise Therapy"[Mesh]
# 4		Ejercicio Pliométrico	"Plyometric Exercise"[Mesh]
# 5	Ejercicio de alto impacto	High impact Exercise	
# 6	Densidad ósea	Densidad Ósea	"bone density"[MeSH Terms]
# 7	Remodelación ósea	Bone Remodeling	

Tabla 2 Combinaciones de Términos

	TERMINO	CONECTOR	TERMINO	CONECTOR
# 8	# 3	OR	# 4	
# 9	# 1	AND	# 3	
# 10	# 1	AND	# 5	
# 11	# 3	AND	# 6	
# 12	# 4	AND	# 6	
# 13	# 3	AND	# 7	
# 14	# 5	AND	# 7	

V. MARCO TEÓRICO

V.1. Fisiopatología de la osteoporosis

V.1.1 Anatomía ósea

El sistema esquelético está formado por 206 huesos en adultos. Proporcionan un cuadro rígido de soporte para los músculos y tejidos blandos; forman cavidades que protegen los órganos internos de posibles traumatismos; proveen un sistema de palanca dura para los músculos que permite el movimiento; almacena una serie de minerales, especialmente calcio y fósforo, necesarios para la contracción muscular, entre otras funciones; producen células sanguíneas mediante el proceso denominado hematopoyesis y almacenan grasas de reserva.(8)

Los huesos son un tejido vivo, dinámico y especializado que se encuentra en constante reabsorción, renovación y remodelación para mantener su forma, estructura y fuerza.

Biomecánicamente su estructura es perfecta, combina fuerza con economía de materiales que brindan unas propiedades físicas especiales de dureza, resistencia, ligereza y cierta flexibilidad que lo hacen idóneo para cumplir su función de sostén.

El tejido óseo está formado por células y matriz extracelular. Las células representan el 2% del tejido, mientras que la matriz extracelular el 98%.

- **Células:** pueden ser de varios tipos: células osteoprogenitoras (células madre), osteocitos, osteoblastos y osteoclastos.
- **Matriz ósea extracelular:** está formada por un 70% de sustancia inorgánica llamada hidroxapatita, junto a otros iones como magnesio, sodio, carbonato, citrato y fluoruro y en un 30% de sustancia orgánica, principalmente fibras de colágeno. Los cristales de hidroxapatita se disponen alrededor de las fibras de colágeno formando un armazón con excepcionales propiedades mecánicas que le da al hueso su gran resistencia.

Los huesos contienen el 99% del calcio total del cuerpo, el calcio de la sangre está en equilibrio con el del hueso, aproximadamente 1 gramo que se renueva cada día, mediante un proceso influido por la secreción de las glándulas tiroideas y paratiroides, por la vitamina D y el PH local.

Los huesos poseen una cubierta superficial de tejido conectivo fibroso que se denomina **periostio**, mientras el que se encuentra alrededor del cartílago se denomina **pericondrio**. Este componente fibroso del hueso se adhiere íntimamente al tejido compacto y aporta la circulación sanguínea y la inervación del órgano. Se reconocen en el periostio una disposición tisular superficial que es más fibrosa, ricas en fibras colágenas que se anclan en el tejido compacto proporcionándole más firmeza a esta forma de fijación periostal y una capa más profunda que es más celular que posee una función osteoprogenitora, con la presencia de células productoras de tejido óseo que promueven el crecimiento aposicional y permiten el crecimiento en grosor. La superficie de las trabéculas del tejido esponjoso y de los canalículos óseos que atraviesan el tejido compacto están tapizados por una variedad especial de tejido conectivo laxo, vascularizado y con una población de células osteoprogenitoras denominado **endostio**. Tanto el periostio como el endostio participan activamente en la remodelación ósea.(8)

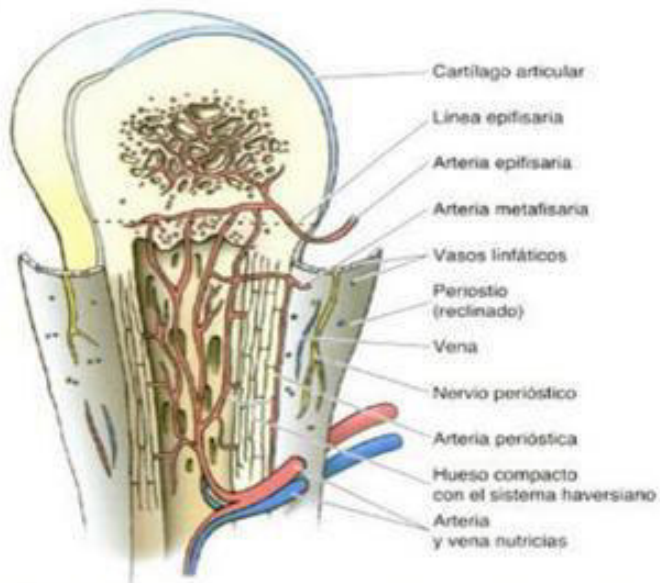


Figura 1. Vascularización e inervación de un hueso largo. (Moore & Dalley, 2009)

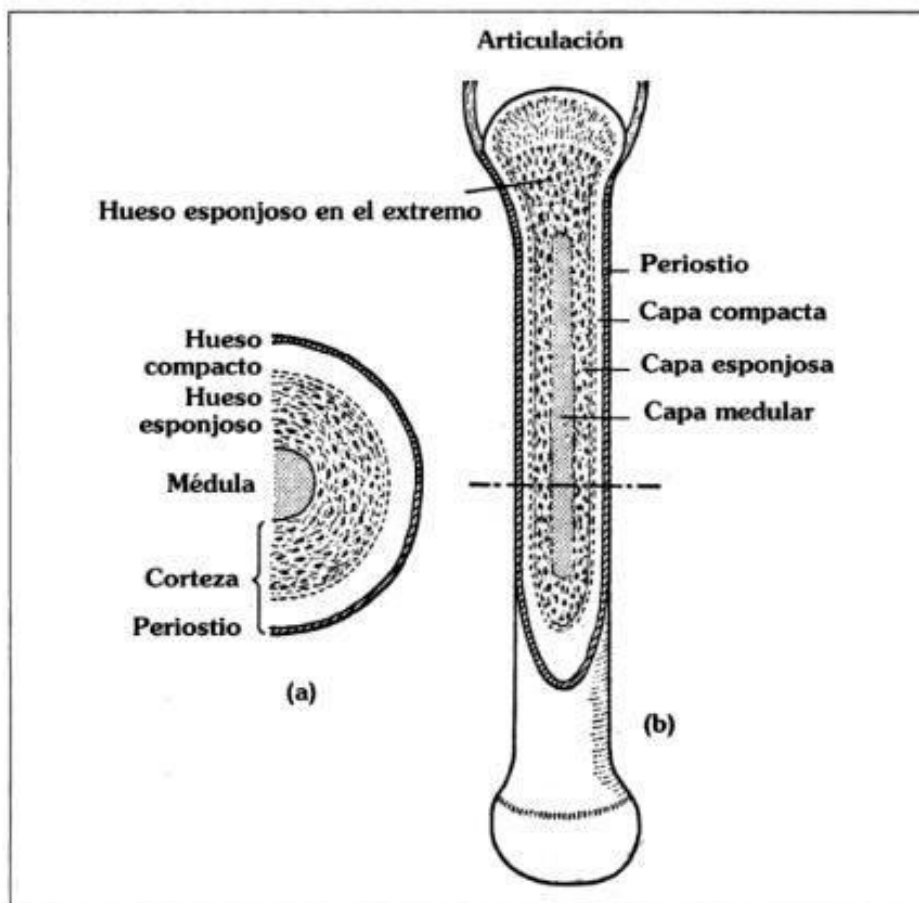


Figura 2. A) Sección transversal de un hueso largo. b) Sección longitudinal de un hueso largo. (Le Vay, 2008)

V.1.2. Remodelación ósea

El hueso es un tejido vivo que se encuentra expuesto a procesos de deterioro y tiene la capacidad para renovarse y de esta forma mantener sus condiciones de resistencia, esta renovación es de forma permanente y se denomina remodelación ósea. La unidad de remodelación ósea es la responsable de este fenómeno y consiste en un conjunto de células encargadas de destruir pequeñas cantidades de hueso, que posteriormente son sustituidas por hueso nuevo. El volumen de hueso renovado por cada unidad es de unos 0,025mm³ y la tasa de renovación anual del esqueleto de aproximadamente un 10%. En un determinado momento hay más de un millón de unidades activas en diferentes etapas. Existe una asimetría temporal entre la intervención de los osteoclastos y los osteoblastos. Los primeros desarrollan su tarea destructiva en unas 2-3 semanas, mientras que los segundos tardan entre 4-5 meses en reemplazar el hueso destruido.

Tanto en el desarrollo como en la activación funcional del osteoclasto es primordial el receptor de superficie RANK sobre el que actúa una molécula conocida como “ligando del RANK o **RANKL**”, presente en la membrana de células de estirpe osteoblastica. Para la activación del osteoclasto además del RANKL es necesaria otra molécula, el M-CSF, para la que el osteoclasto tiene un receptor específico (C-fms).

El osteoblasto, además de sintetizar proteínas dirige la mineralización ósea. Además de la función osteoformadora ejerce una función reguladora de la destrucción ósea, ya que además de producir el RANKL, produce otra sustancia, la osteoprotegerina (OPG) que presenta afinidad por el RANKL, de forma que se une a él impidiendo que este acceda al RANK y por lo tanto evita la estimulación del osteoclasto.(9)

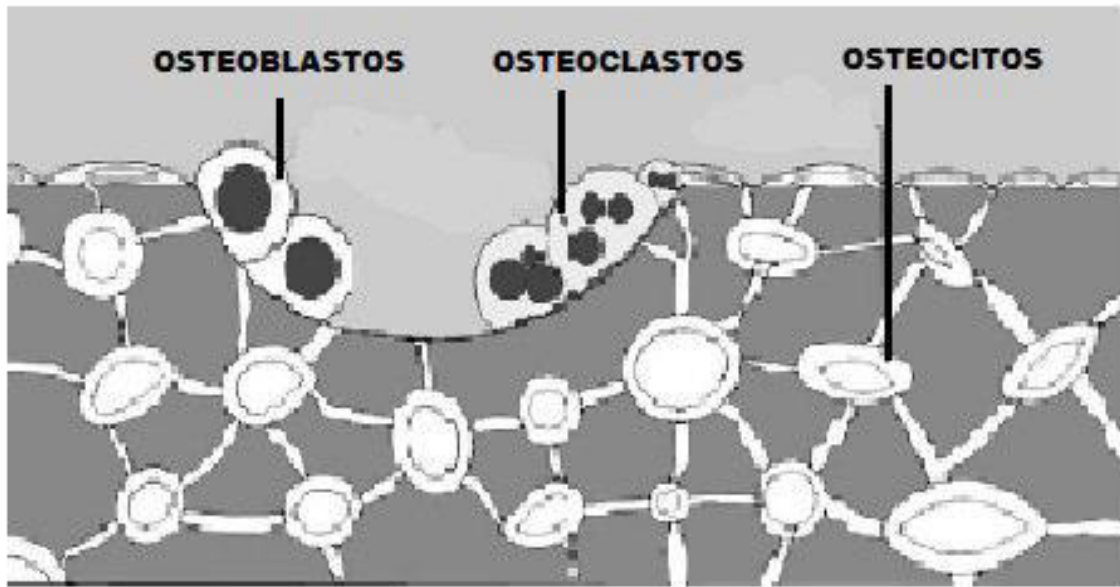


Figura 3. Remodelación ósea. Los osteoclastos extraen hueso de lugares discretos. Una vez que se completa la resorción, los osteoblastos colocan capas de matriz de colágeno óseo que luego se mineraliza. Algunos osteoblastos se incorporan a la matriz ósea formando osteocitos que están conectados extensamente con la superficie del hueso y entre sí mediante procesos citoplásmicos que se desarrollan a través de canalículos. Cortesía de Christopher D. Graeff. Copyright 2012; utilizado con permiso). (L. A. Armas & R. R. Recker, 2012)

V.1.3. Regulación de la remodelación ósea

Cuando los osteocitos detectan la necesidad de que una parte del hueso sea renovada envían señales estimuladoras a la superficie ósea a través del RANKL de forma que se inicia la osteoclastogénesis. En la fase de **resorción** los osteoclastos generan un microambiente ácido entre la célula y la superficie del hueso disolviendo así el contenido mineral del hueso. En la fase de **inversión**, una vez que se ha destruido la cantidad de hueso adecuada, debe frenarse la actividad de los osteoclastos, que finalmente mueren por apoptosis y estimular a los osteoblastos. El hecho que los osteoblastos se activen en el mismo lugar en el que previamente han actuado los osteoclastos y a continuación de ellos, se conoce como **acoplamiento**. Una vez activados los osteoblastos se produce la síntesis ósea. Los osteoblastos sintetizan sustancias que los estimulan de forma autócrina IGF, TGF, FGF, BMP, PTHR1. Cuando la síntesis ósea ha producido la cantidad de hueso adecuada los osteocitos

reciben una información, que se cree es de origen mecánica, para cesar la síntesis, y estos sintetizan esclerotina que inhibe la acción de las proteínas Wnt. En la regulación de la remodelación ósea intervienen otros factores sintetizados en otros tipos celulares como linfocitos, macrófagos, células endoteliales que pueden ser capaces de actuar tanto sobre el osteoblasto como sobre el osteoclasto, si inhiben a uno, estimulan al otro, estos factores suelen ser citoquinas y factores de crecimiento. Unos determinan una disminución de la masa ósea, como es el caso de las citoquinas inflamatorias interleucina 1 (IL-1), factor de tumornecrosis (TNF), IL-6, que promueven la destrucción ósea y otras su aumento como la IL-4, los IGFs, BMP, PTHrP, etc. Y por otra parte hay factores sistémicos humorales como PTH, estrógenos, glucocorticoides, serotonina, etc. y mecánicos.(9)

V.1.4. Función de los estrógenos

El estrógeno promueve la expresión de osteoprotegerina (en adelante, OPG) y suprime la acción del RANK, de manera que inhibe así la formación de osteoclastos y la actividad de resorción ósea; además inhibe la diferenciación de los osteoblastos y favorece la apoptosis al aumentar la producción de TGFB. Por otra parte, puede activar la señalización de Wnt/B-catenina para incrementar la osteogénesis y aumentar la señalización de BMP para promover la diferenciación de las células madre mesenquimales de pre osteoblastos en lugar de adipocitos. La falta de estrógeno incrementara la secreción de IL-1, IL-6 y factor de necrosis tumoral (en adelante, TNF), por lo cual el efecto de la deficiencia de estrógeno es un aumento del recambio óseo y una mayor reabsorción ósea, debido al aumento en la cantidad de osteoclastos y en el incremento de su vida útil, lo que culmina en osteoporosis. (10)

V.1.5 Menopausia

La menopausia es el principal factor de riesgo para la osteoporosis. Se produce en la población de mujeres a la edad aproximada de 51 años.(11)

Fisiológicamente al inicio de la menopausia se produce una disminución de los niveles de inhibina, que es una hormona que mantiene bajos los niveles de FSH. Razón por la cual los niveles séricos de FSH comienzan a aumentar, descendiendo así la producción de estrógenos. Ésta hormona inhibe la resorción ósea y aumenta la liberación del factor de crecimiento transformante-beta en los osteoclastos, estimulando la reabsorción ósea. Se produce un desequilibrio en el proceso de remodelado frente a la deficiencia de estrógenos, que provoca una mayor resorción ósea, hecho que se agrava en la posmenopausia, de aquí la asociación entre menopausia y osteoporosis.(1)

En los 5 a 7 años que rodean la menopausia, las mujeres pierden aproximadamente el 12 % de su masa ósea, el equivalente a 1 puntaje T medido por DXA. El efecto esquelético más pronunciado de la menopausia es una duplicación temprana de la remodelación, y se triplica 10 a 15 años más tarde, en mujeres posmenopáusicas sanas en ausencia de aumento de la carga esquelética.(11)

V.1.6. Osteoporosis

De la definición propuesta por el National Institutes of Health (en adelante, NIH) se determina que la osteoporosis (en adelante, OP) es la enfermedad del hueso caracterizada por una menor resistencia del mismo, que se debe tanto a un déficit de la densidad mineral ósea (en adelante, DMO), que indica la cantidad de hueso, como a una alteración de la micro arquitectura, que precisa localización del mismo, o a ambos factores, lo que ocasiona una mayor fragilidad y una mayor predisposición a sufrir fracturas ante mínimos traumatismos. La osteoporosis es la enfermedad metabólica ósea más frecuente, se define como enfermedad esquelética sistémica caracterizada por la disminución de la resistencia ósea con el consiguiente aumento de la fragilidad del

hueso y la susceptibilidad a fractura. Los elementos esenciales de esta definición son la masa ósea baja y la alteración de la micro arquitectura, que distingue a la osteoporosis de otras enfermedades. La alteración de la micro arquitectura se caracteriza por la pérdida, adelgazamiento y falta de conexión entre las trabéculas óseas, junto con una serie de factores, como la alteración del remodelado óseo y la propia geometría del hueso. Este deterioro de la integridad estructural del hueso favorece la fragilidad esquelética y produce un incremento del riesgo de fractura.(9)

LaOMS estableció una definición operativa basada en la determinación de la DMO en cualquier región esquelética para mujeres de raza blanca. Así se estableció como valores normales de DMO a aquellos superiores a -1 desviación estándar(DE) con relación a la media de adultos jóvenes. Así se definen cuatro categorías: - Normal: valores superiores a -1 DE en la escala T. – Osteopenia: valores de DMO entre -1 y -2,5 DE en la escala T. – Osteoporosis: Cuando los valores de DMO son inferiores a -2,5 DE en la escala T. – Osteoporosis establecida: Cuando junto a los criterios de osteoporosis se le añade 1 o más fracturas osteoporóticas.

La resistencia del hueso está determinada principalmente por la DMO y por el estado de su micro arquitectura, se considera a la DMO como una medida aproximada de la resistencia del tejido óseo, representando alrededor del 70% de la misma.

La DMO puede estimarse por una amplia variedad de técnicas, entre las que se considera a la absorción de rayos x de energía dual (en adelante, DEXA) como patrón oro. (9)(12)

Etiológicamente la Osteoporosis se clasifica en: **OP Primaria:** Constituye el grupo más amplio e incluye los casos de OP en que no se identifica ninguna enfermedad que la justifique directamente. Se distinguen la **OP Idiopática Juvenil:** es rara y se inicia entre los 8 y 14 años de edad. Se manifiesta por la aparición brusca de dolor óseo y de fracturas con mínimos traumatismos. El trastorno remite por sí solo en muchos casos, y la recuperación es de forma espontánea en un plazo de 4-5 años. **OP del Adulto Joven:** se observa en varones jóvenes y mujeres pre-menopáusicas en la que no se objetiva ningún factor etiológico. En algunas mujeres comienza con el embarazo, estas mujeres presentan disminución de la DMO del hueso trabecular que puede permanecer baja durante muchos años. En este tipo de osteoporosis los estrógenos son ineficaces y son característicos los episodios de fracturas recidivantes. **OP posmenopáusica Tipo I:** ocurre en un subgrupo de mujeres posmenopáusicas de

51 a 75 años y se caracteriza por una pérdida acelerada y desproporcionada de hueso trabecular. Se observa disminución de la actividad de la hormona paratiroidea (PTH) para compensar el aumento de la reabsorción ósea. Este tipo de osteoporosis presenta como complicaciones frecuentes, las fracturas de los cuerpos vertebrales y de la porción distal del radio y cadera. **OP senil Tipo II:** bajo remodelado óseo, se detecta en algunas mujeres y varones mayores de 70 años como consecuencia de un déficit de la función de los osteoblastos. **OP secundaria:** son aquellas en que la OP son consecuencia de una manifestación acompañante de otras enfermedades o bien de su tratamiento. (13)(12)

Tabla 3. Diferencias entre osteoporosis posmenopáusica y senil

	TIPO I	TIPO II
Denominación	Posmenopáusica	Senil
Edad (años)	51-75	>70
Proporción mujer/hombre	6:1	2:1
Tipo de pérdida ósea	Trabecular	Trabecular y Cortical
Ritmo de pérdida ósea	Rápida	Lenta
Fracturas	Vertebral y Radio Distal	Vertebral y de Cadera
Función Parotídea	Disminuida	Aumentada
Absorción Intestinal de Calcio	Disminuida	Disminuida
Hidroxilación Renal	Disminuida	Disminuida
Causa Fundamental	Menopausia	Envejecimiento

V.1.7 Alteración de las unidades de remodelación en la osteoporosis.

Fisiológicamente, en la remodelación ósea del adulto joven, la cantidad de hueso que forman los osteoblastos en cada unidad de remodelación ósea es igual a la que previamente han destruido los osteoclastos, esto se conoce como balance cero. Sin

embargo, en la osteoporosis, se presentan dos tipos de alteraciones, después de los 40 años la cantidad de hueso formada por los osteoblastos comienza a ser algo menor que la destruida, esto se describe como **"balance negativo"**. El balance negativo que se desarrolla con la edad se debe fundamentalmente a una disminución de la formación ósea, relacionada tanto a una disminución en la cantidad de osteoblastos como en su actividad individual. La segunda alteración se debe a un aumento de la actividad osteoclástica que se acompaña del nacimiento de un mayor número de unidades de remodelación ósea, lo que se conoce como **"aumento del recambio"**. Este guarda relación con la disminución de estrógenos, situación que se produce en la menopausia e implica un aumento en el número de puntos del esqueleto en que se pierde masa ósea, razón por la cual se convierte en el mecanismo responsable de la llamada osteoporosis posmenopáusica(9). Las consecuencias de la alteración de las unidades de remodelación son distintas en el hueso trabecular que en el cortical. En el primero, como consecuencia del balance negativo se produce un adelgazamiento de las trabéculas que puede llegar a su perforación con el aumento del recambio óseo modificando su morfología, que pasa de un patrón en placas a uno en varillas con menor capacidad para soportar cargas mecánicas.

En el hueso cortical se produce un adelgazamiento de las paredes de los sistemas de Havers lo que concluye en un mayor ancho de su canal. Por otra parte, en los osteomas cercanos al endostio, el adelgazamiento de los sistemas de Havers, junto con el mayor recorrido de los osteoclastos puede condicionar la perforación de su pared de forma que el canal de Havers se pone en contacto con el tejido de la médula ósea, que gana espacio a expensas del retroceso del endostio, lo que se traduce como un adelgazamiento de la cortical. (9)

El aumento de recambio implica una excesiva cantidad de hueso inmaduro, lo que modifica negativamente las propiedades intrínsecas del tejido óseo, ya que sus propiedades idóneas se corresponden con el hueso maduro. Dicha maduración implica la formación de puentes de colágeno y una mineralización que se desarrolla en dos fases, que favorece la formación de cristales de hidroxiapatita del tamaño adecuado. La rápida renovación del hueso no permite la maduración de los puentes de colágeno, la mineralización secundaria, ni el tamaño adecuado de los cristales de hidroxiapatita.(9)(11)

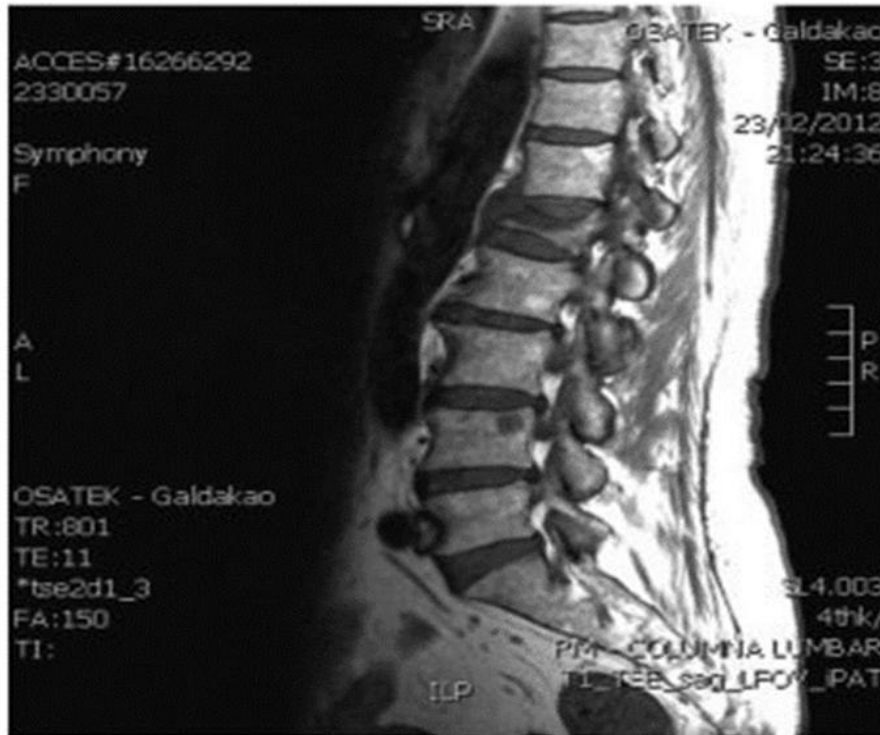


Figura 4 aplastamiento vertebral osteoporótico de L1



Figura 5. Microarquitectura ósea. *A medida que avanza la osteoporosis, las trabéculas adquieren una forma más delgada y parecida a una varilla (B) en comparación con una morfología similar a una placa más fuerte (A) que se observa en el hueso no osteoporótico. Akhter y sus colegas proporcionaron estas microfotografías de tomografía computada de la transformación del hueso desde antes de la menopausia (A) hasta directamente después de la menopausia (B) en las mujeres. (Cortesía de Mohammed P. Akhter. Copyright 2012; utilizado con permiso). (L. A. Armas & R. R. Recker, 2012)*

V.1.8. Diagnóstico

El diagnóstico de la osteoporosis comprende varios pasos, que incluyen la historia clínica, el examen físico, la realización de una prueba de densidad ósea y la realización de análisis de sangre y orina. La evaluación de la DMO se realiza mediante (DEXA), que se considera el estándar oro en el diagnóstico de la osteoporosis. Otras herramientas de diagnóstico son la Fracture Risk Assessment Tool (en adelante,FRAX) y la QFracture, como herramientas de valoración de los factores de riesgo clínico, estas herramientas identifican a los pacientes adecuados para el tratamiento considerando factores de riesgo como: la edad, raza, sexo, índice de masa corporal, antecedentes personales o de los padres de fracturas, etc.(14)(13)

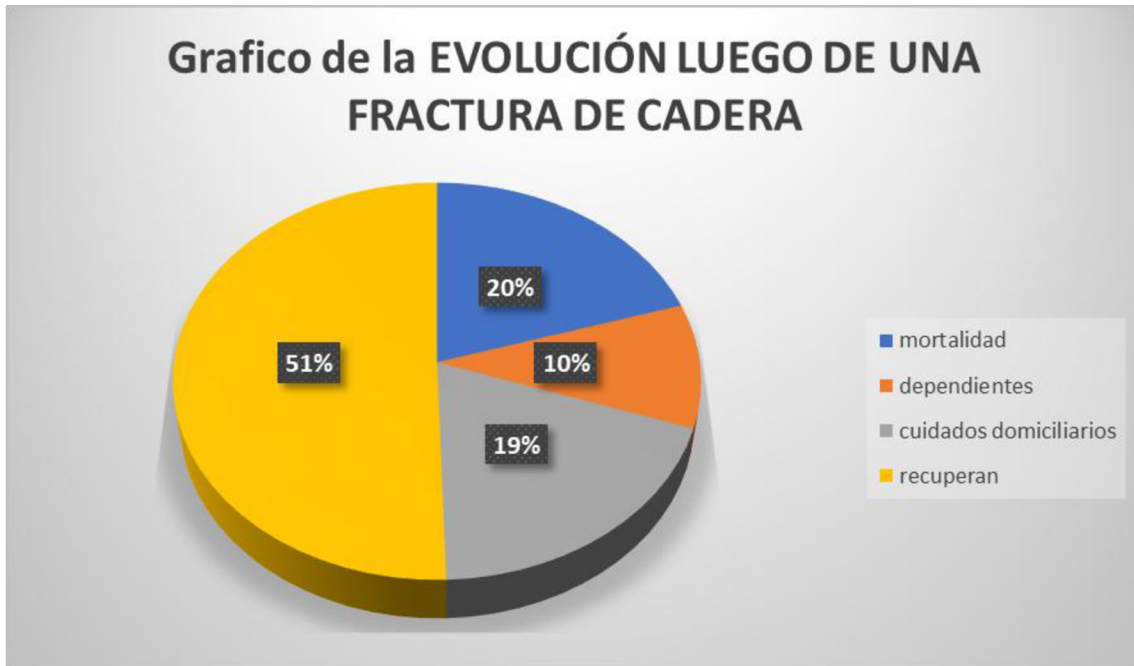
V.1.9. Epidemiología.

La osteoporosis es una enfermedad que afecta actualmente a 200 millones de personas en el mundo. Datos del Consenso Iberoamericano de Osteoporosis (2010) revelan que del 30% al 50% de las personas la padecerán.

En un estudio de prevalencia densitométrica de osteoporosis en la población de España publicado por Díaz Curiel y cols se presentaron los siguientes datos:

- De 50-59 años un 9% OP lumbar y un 1% OP femoral.
- De 60-69 años un 24% OP lumbar y un 5,7% OP femoral.
- De 70-79 años un 40% OP lumbar y un 24% OP femoral.(15)

Luego de una fractura de cadera, la tasa de mortalidad al año es en promedio es del 20%. Aproximadamente el 10% de los pacientes quedan dependientes, el 19% de los pacientes requieren cuidados domiciliarios y entre el 30% y el 50% vuelven a sus actividades habituales. (13)



En Argentina aproximadamente el 40% de las mujeres blancas y el 13% de hombres mayores de 50 años de edad sufren al menos una fractura osteoporótica en cadera, muñeca o columna vertebral a lo largo de su vida. A medida que crece la expectativa de vida, aumenta la población añosa, y la OP es una enfermedad que crece con el envejecimiento. La población argentina crecerá 13% para el año 2050, pero la población mayor de 50 años lo hará un 20%. En el año 2009 la población total de Argentina era de unos 40 millones de habitantes con alrededor de 10 millones de personas de 50 o más años, con un coeficiente varones/mujeres 1: 1,2 con 4,6 millones de varones y 5,4 millones de mujeres. Se calcula que la población aumentará a 53 millones de personas para el año 2050 con 19,5 millones de personas con 50 o más años de edad. Varios estudios realizados en Argentina mediante (DEXA) revelaron que, de cada 4 mujeres mayores de 50 años, 1 se encuentra normal, 2 presentan osteopenia y 1 tiene osteoporosis. Hacia el año 2025 la población estimada de mujeres mayores de 50 años será de 7,3 millones, de las cuales 3,3 millones tendrán osteopenia y 1,62 millones OP.(5)

Varios estudios indican que la tasa media anual de fracturas de cadera es de 298 cada 100.000 mujeres mayores de 50 años, y 118 varones con una relación F:M de 2,5:1, estos datos revelan más de 34.000 fracturas de cadera al año con un promedio de 90 fracturas diarias. Por otra parte, se calcula que 1 de cada 3 fracturas vertebrales recibe atención clínica. La presencia de fracturas vertebrales indica un importante factor de riesgo de futuras fracturas osteoporóticas. El LAVOS (latín-American Vertebral

Osteoporosis Study) revelo un 16,2% de fracturas vertebrales en Argentina. Estas fracturas aumentan con la edad y en la población de más de 80 años 1 de 4 mujeres tiene una fractura vertebral prevalente. (5)

V.1.10. Factores de riesgo.

La menopausia se impone como el factor de riesgo más importante para ésta enfermedad, en el que el aumento de la prevalencia de la enfermedad tiene una relación directamente proporcional con el aumento de la esperanza de vida, por el hecho en que la mujer transcurra más de la tercera parte de su vida en menopausia. La edad es un factor de riesgo independiente para desarrollar una OP, con la edad se producen múltiples condicionantes fisiopatológicos: menor actividad osteoblastica, menor absorción intestinal de calcio, carencia de vitamina D, sedentarismo y otros. Los pacientes con un índice de masa corporal (en adelante, IMC) bajo (menor 19 kg/m²) tienen menor DMO, lo cual, al parecer tiene relación, por una parte, con un menor efecto osteoblástico debido a una menor carga mecánica sobre el hueso, y por otra, con un menor freno de la actividad osteoclástica derivado de la menor producción de estrona por falta de panículo adiposo. El estilo de vida es un factor de riesgo modificable y engloba aspectos como: la dieta, los hábitos tóxicos y la actividad física.(9)(7)

La ingesta de calcio en la dieta es necesaria para un metabolismo óseo normal. Durante la etapa del desarrollo óseo del esqueleto condiciona el pico máximo de masa ósea. El adulto sano con déficit de ingesta de calcio tiene incrementada la pérdida de masa ósea. Varios estudios han demostrado menor número de fracturas en áreas geográficas con mayor ingesta de calcio. La ingesta recomendada de calcio oscila entre 1000-1200 mm/día.

En cuanto, la vitamina D es uno de los factores más importantes en la homeostasis fosfo-cálcica. Las necesidades de vitamina D están entre 400-800 U.I. diarias. Para cubrir la cuota diaria es suficiente una dieta variada y una exposición moderada a la luz solar. Sólo es necesario suplementarla en situaciones deficitarias: algunos ancianos aislados, latitudes con poca incidencia de la luz solar, cuadros de malabsorción de grasa.

Diversos estudios epidemiológicos han objetivado una relación entre el consumo de cigarrillo y una menor DMO, además disminuye la absorción intestinal de calcio. Pero el mecanismo etiopatogénico más importante es consecuencia de su efecto antiestrogénico. El alcohol es el tóxico más perjudicial. El consumo crónico de alcohol tiene efecto directo depresor sobre la actividad del osteoblasto y se asocia con alteraciones del metabolismo mineral óseo del calcio, fósforo y magnesio; altera el metabolismo de la vitamina D; provoca alteraciones endócrinas y nutricionales.(12)

La tabla 3 ilustra la relación existente entre la edad de aparición de la menopausia con la disminución de estrógenos y su relación con la osteoporosis y la incidencia de fractura con el rango de edad.

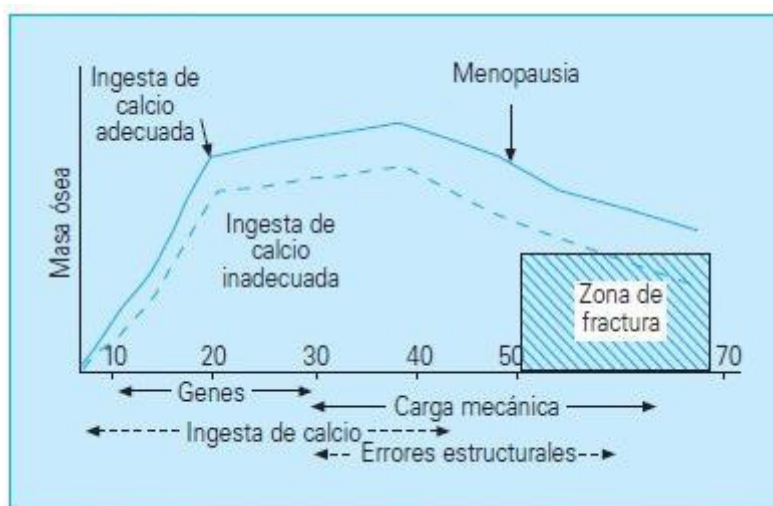


Tabla 3. Osteoporosis, edad y cambios endócrinos. Relación con las fracturas

V.2. Actividad Física y Ejercicio Físico

V.2.1. Evolución y Actividad Física

Las capacidades físicas actuales del ser humano son producto de millones de años de evolución de los homínidos (Cordian et. Al 1998). Nuestras potencialidades físicas se forjaron en la interacción entre nuestros ancestros y el entorno que les tocó enfrentar (el clima, el suelo y la disposición de alimentos). En la evolución el australopiteco ya poseía un arco plantar bien desarrollado al igual que la posición del pulgar paralela a los demás dedos. El homo habilis fue su sucesor y es la especie más antigua de nuestro género. El homo habilis dio lugar al homo erectus, una especie de talla similar a la de

los humanos modernos. Los cambios climáticos y geológicos promovieron espacios más abiertos y áridos. Con las fuentes de alimento dispersas, para subsistir no quedó otra alternativa que ir a buscarlas, y esto provocó un aumento de actividad física diaria provocando un aumento del gasto energético total diario (GET), esto coincidió con un cerebro más grande con un aumento en la complejidad de las conductas (lenguaje, rituales, herramientas, arte) y un aumento en la talla, debido a esto el homo erectus tenía sistemas cardiovascular, metabólico y termo regulatorio capaces de sostener altos niveles de producción energética aeróbica; adaptaciones fisiológicas necesarias para recorrer largas distancias, cazar transportar y recolectar. Luego la evolución siguió y apareció la agricultura, y el humano dejó de ser nómada. Fue hace 10.000 años y hasta la actualidad casi el único tipo de evolución que hemos seguido experimentando fue la cultural. La evolución de los homínidos hace hincapié en la influencia del ejercicio y nos permite entender la forma de vida para la que estamos diseñados. Desde que el género homo emergió, hace aproximadamente 2 millones de años, y hasta la aparición de la agricultura y ganadería nuestros ancestros fueron aumentando su actividad cazadora-recolectora. La presión que ejerció este tipo de vida y el entorno durante tanto tiempo, le dio forma a nuestro pool genético actual, que difiere poco del de hace 50.000 años y está preparado para llevar adelante un estilo de vida físicamente activo.(16)

V.2.2. Actividad Física y Salud

La relación entre actividad física y salud data desde la antigua cultura china, griega y romana. Pero en los últimos 50 años estudios clínicos y experimentales dieron soporte científico a la hipótesis que los niveles bajos de actividad física son factores importantes en la mayoría de las enfermedades degenerativas como diabetes tipo 2, hipertensión, enfermedades coronarias, accidente cerebro vascular (ACV) y osteoporosis.(7)

La actividad física se define como cualquier movimiento corporal producido por la musculatura esquelética que resulta en gasto energético en comparación al reposo.(17)(18)

El ejercicio físico se considera una subcategoría de la actividad física que planeado, estructurado y repetitivo, dosificado a las diferentes capacidades de los pacientes, tiene como objetivo mantener e incluso mejorar los componentes de la forma física.(19)

Las recomendaciones vigentes de actividad física para adultos indican que para promover y mantener la salud todos los adultos de 18 a 65 años necesitan realizar: actividad física aeróbica de intensidad moderada por un mínimo de 30 minutos 5 días a la semana, continuos o en sesiones de 10 minutos; o actividad física aeróbica de intensidad vigorosa por un mínimo de 20 minutos 3 días a la semana, continuos o de a 10 minutos. Adicionalmente cada adulto debería realizar actividades que permitan mantener o incrementar la fuerza y resistencia muscular por un mínimo de 2 días a la semana.(20)

Como todo programa de actividad física, el ejercicio debe ser adecuado al nivel de la capacidad física de cada persona. Se tendrá en cuenta si el paciente ha sido sedentario, o sea una iniciación a la actividad física, o que sea un paciente ya iniciado. Además, se debe establecer la intensidad según la edad, estado físico y nivel de entrenamiento.(7)

V.2.3. Bases Fisiológicas de la Actividad Física.

La actividad física produce en pocos segundos gran cantidad de cambios corporales como aumento de temperatura, cambios de PH, secreciones de diferentes hormonas y neurotransmisores. Produce también alteración en la concentración intracelular de calcio y de los estados energéticos, (relación ATP/ADP) que influirá sobre los diversos sistemas extracelulares e intracelulares. Entre otros se encuentran los procesos metabólicos (transporte de glucosa, glucógeno génesis) o transcripciones (ADN a ARN) que finalmente implicarán síntesis de proteínas y el crecimiento muscular. Por ejemplo, el calcio se eleva a nivel de citosol y facilita la contracción muscular al interactuar con la subunidad c de la troponina, pero también regula la calmodulina kinasa, la proteína kinasa C y la causineurina. En la contracción muscular se incrementa el factor de crecimiento semejante a la insulina (en adelante, IGF-1) y el factor de crecimiento de fibroblastos (en adelante, FGF) y además se libera óxido nítrico, regulando la vasodilatación mediada por GMPc. La activación de las MAP kinasa lleva a la transcripción de genes como respuesta aguda del músculo esquelético al ejercicio, y a largo plazo a adaptaciones crónicas por regulación genética. El ejercicio actúa como un estímulo fisiológico de las MAP Kinasa, ya que son sensibles a la disminución de los

depósitos de energía. La MAP Kinasa es activada por la disminución de ATP y fosfocreatina estimulando la generación de ATP y transporte de glucosa mediado por translocación de receptores de glucosa GLuT hacia la membrana plasmática. (21)

V.2.4. Efectos Estructurales de la Actividad Física.

Los fenómenos de adaptación producidos en los músculos que ejercitan son procesos complejos. Pueden abarcar cambios en la estructura muscular (hipertrofia), a nivel circulatorio (aumento de la capilaridad), a nivel celular (aumento de mitocondrias) y a nivel metabólico (aumento de las reservas de glucógeno y de la capacidad buffer). Estos procesos adaptativos se mantendrán mientras dure la estimulación y retrogradarán cuando esta desaparezca. Los ejercicios de tipo aeróbico mejoran la capacidad de intercambio de oxígeno entre capilares y tejidos, y hacen más eficientes los procesos metabólicos dentro de las fibras musculares. El incremento mitocondrial aumenta la capacidad de provisión de energía aeróbica desde los ácidos grasos y carbohidratos. En un músculo activo, las llamadas células satélites, que corresponden a células uninucleadas fusiformes, dentro de la lámina basal que rodea cada fibra, se activan, proliferan y se fusionan para formar nuevas fibras. El entrenamiento de fuerza produce un incremento de testosterona e induce a una elevación aguda de esta hormona en la circulación. Los factores de crecimiento, en especial el sistema IGF-1, son también responsables del crecimiento muscular provocado por el estímulo muscular inducido por ejercicio.(22)

V.2.5. Efectos funcionales de la Actividad Física.

La actividad física induce una serie de adaptaciones fisiológicas y morfológicas. Las adaptaciones cardiovasculares significan una mejor capacidad funcional o condición física lo que está relacionado con una disminución de la morbimortalidad. (23)Esto significa la capacidad de sostener esfuerzos más prolongados, mejorando el transporte y consumo de oxígeno (O₂). El entrenamiento de resistencia es el que induce las mayores adaptaciones, aumentando la capacidad de transportar O₂ a los músculos activos, a

través del aumento del gasto cardíaco (adaptación central) y de la capacidad del sistema circulatorio (adaptación periférica). El determinante de la respuesta cardiovascular al ejercicio es el tipo de esfuerzo que se practica. En el ejercicio dinámico, se hallan involucrado grandes grupos musculares con importante necesidad de aporte de O₂ para el metabolismo aeróbico. La bradicardia sinusal en reposo es un signo frecuente de la persona que realiza actividad física de manera frecuente. El mayor volumen sistólico del corazón entrenado en reposo (120-130ml contra 70-80ml) se debe a un aumento del volumen telediastólico. El gasto cardíaco en los sujetos entrenados puede llegar a ser el doble de los valores de los sujetos que son sedentarios, llegando a alcanzar los 40l/min. El volumen sistólico es lo determinante, y puede llegar hasta 170-180ml en un deportista. El aumento fisiológico a intensidades moderadas es debido al mayor retorno venoso y mejor llenado ventricular, que se manifiestan en un mayor volumen telediastólico sin modificación apreciable de la fracción de eyección. El aumento del volumen sistólico aumenta la distensión arterial para dar cabida a esa masa de sangre por lo tanto la presión arterial sistólica se eleva. La diastólica lo hace en menor medida. Como la elevación de la presión arterial por vasoconstricción generalizada se asocia con vasodilatación localizada en el músculo activo, se producen condiciones ideales para que se incremente el flujo sanguíneo.(24)

En el ejercicio agudo hay un aumento de la presión sistólica, mientras que la diastólica no debería subir más de 10mmHg. Pero en el ejercicio crónico tiende a disminuir los valores de tensión arterial, aún en hipertensos. El ejercicio de intensidad moderada (40-70% VO₂MAX) produce disminuciones similares a las producidas por una intensidad más elevada y es más efectivo si las sesiones son diarias. El ejercicio incrementa la frecuencia y amplitud de respiración. Se producen adaptaciones en el sistema respiratorio aumentando el volumen pulmonar, la capacidad inspiratoria y reduciendo el volumen pulmonar residual Como consecuencia se produce una economía ventilatoria, la persona entrenada respira de manera más eficaz que un sedentario.(7)

V.2.6. Ejercicio Físico como regulador de la Densidad Ósea.

Durante el ejercicio físico la formación ósea es mayor que la reabsorción y aumenta la densidad mineral ósea, incrementándose la masa ósea. Diversos estudios han demostrado que para mantener el calcio en los huesos es necesario caminar 30 minutos al día. La formación y reabsorción ósea están controladas por 2 mecanismos interactivos: el sistema hormonal y la carga mecánica. En ausencia de carga mecánica el hueso se atrofia, mientras que con la actividad física el hueso reestablece la pérdida de masa ósea. De forma indirecta, el ejercicio tiene otro efecto aditivo beneficioso independiente de su acción osteogénica, el mejorar la fuerza muscular, la flexibilidad, la coordinación y el equilibrio, lo cual contribuye a disminuir las caídas y las fracturas producidas por ellas. Está demostrado que los programas de actividad física enlentecen, previenen y/o reestablecen la pérdida de DMO.(25)

Estudios previos han concluido que el tejido óseo responde a la carga mecánica que actúa sobre los huesos a través de las fuerzas musculares y las fuerzas de reacción del suelo.(26)

El ejercicio constituye el estímulo mecánico para la óptima adaptación de masa, arquitectura y estructura esquelética para sus requerimientos biomecánicos y además reduce el riesgo de caídas que pueden conducir a la fractura, aproximadamente el 5% de las caídas.(27) La fuerza de los músculos paraespinales es menor en mujeres osteoporóticas, su fortalecimiento reduce el riesgo de fracturas vertebrales y previene la postura cifótica asociada a osteoporosis y el envejecimiento, que a su vez constituye un riesgo independiente de fracturas vertebrales.(28). Las mujeres sedentarias, sentadas por más de 9 horas diarias tienen un riesgo 43% mayor de fractura de cadera que las activas.(29)

V.2.7. Personas mayores y pérdida de fuerza.

Con respecto a la población objeto de esta investigación, la edad es un factor de riesgo independiente; a través del proceso biológico normal que ocurre durante el envejecimiento, de forma gradual y mantenida, existe disminución de las capacidades de resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad y coordinación. A partir de los 50 años de edad hay una pérdida de fuerza que resulta dramática a partir de los 60 años.

La actividad física relacionada a la condición músculo esquelética y de la propia condición cardio respiratoria-metabólica puede enlentecer la pérdida de la fuerza. El propio proceso de envejecimiento, unido a determinados estados de salud y a un sedentarismo acentuado da lugar a:

- Atrofia muscular y pérdida de fuerza.
- Disminución de la motilidad y de la actividad cotidiana.
- Incremento de las caídas.
- Osteoporosis.
- Fracturas.
- Otras complicaciones.

La fuerza de los músculos de los miembros inferiores constituye un elemento de riesgo de caídas y de producción de fracturas en las personas mayores. Por lo que es importante correlacionar la DMO con la evaluación de la fuerza muscular. Los ejercicios que contribuyen a fortalecer los músculos anti gravitatorios y los músculos de los miembros inferiores reducen el riesgo de caídas y subsecuentes fracturas. (30)

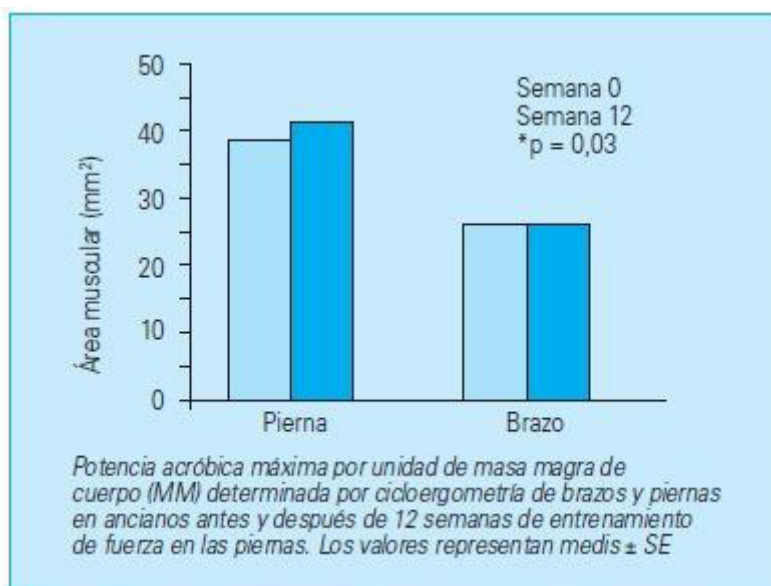


Tabla 4. Potencia. Desarrollo de la fuerza en los miembros inferiores.

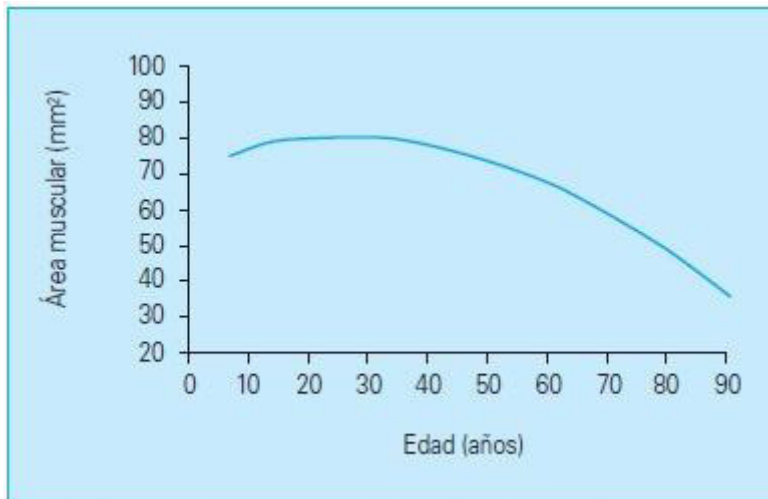


Tabla 5. Disminución de la masa muscular con la edad.

Al llegar a los 80 años, la disminución del número de miofibrillas y del tamaño de las fibras II contenidas en el músculo se sitúa aproximadamente en el 39%, lo cual está relacionado con la atrofia muscular. El tamaño de las fibras tipo 1 no sufren grandes modificaciones con la edad, en cambio, las rápidas tipo II, disminuyen de tamaño aproximadamente un 26%.⁽³¹⁾

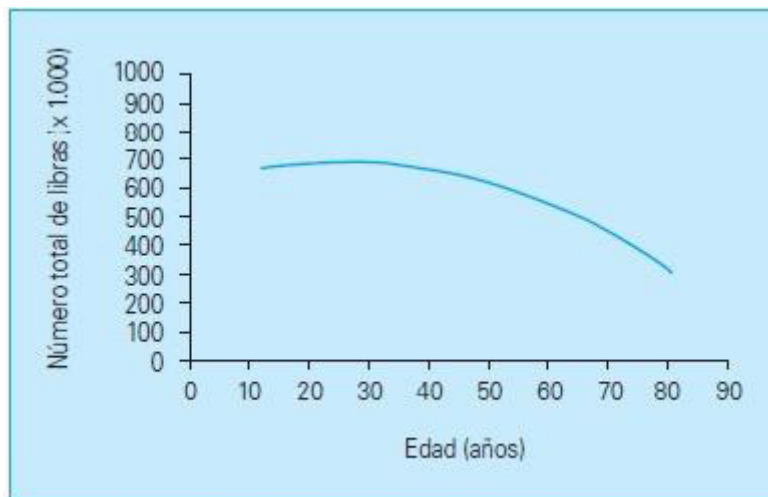


Tabla 6. Pérdida de fibras musculares por la edad.

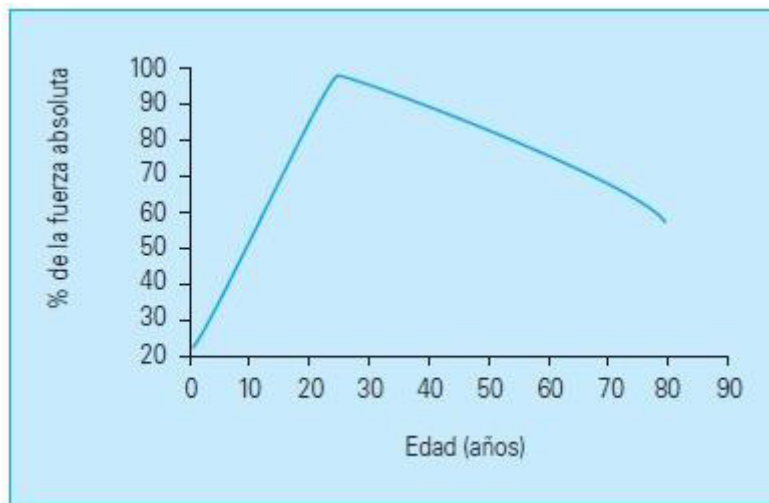


Tabla 7. Pérdida de la fuerza muscular con la edad.

V.2.8. Intensidad del Ejercicio.

Para el control de la intensidad en los programas de actividad física en la población la fórmula más utilizada es la de Karvonen que indica la frecuencia cardíaca máxima.

$$FC \text{ MAX} = 220 - \text{edad}$$

Donde 220 es una constante y por ejemplo una persona de 50 años tendrá una FC Max de 170 lpm.

Otra fórmula indirecta de cálculo de la reserva de la frecuencia cardíaca o consumo máximo de oxígeno (FC reserva o VO2 MAX) de Karvonen y col. La fórmula inicial para obtener el cálculo a partir de la FC de reserva es: FC reserva o VO2 MAX = (FC MAX-FC reposo). El rango de porcentaje de intensidad de pulso de entrenamiento puede corresponder a valores entre el 54-90% de la FC MAX o del 40-85% del VO2 MAX, en función del estado de salud, la edad y la CF inicial del sujeto.

Equivalente metabólico (MET) es la cantidad de energía que el cuerpo utiliza en reposo. Equivale a consumir 3,5 ml de oxígeno por kilogramo de peso corporal por minuto. Cualquier actividad que consuma 3-6 MET se considera de actividad moderada, y si es mayor de 6 MET se considera de intensidad vigorosa.(32)

EJEMPLOS DE ACTIVIDADES Y SUS VALORES EN MET					
Menor 3 MET		3 – 6 MET		Mayor 6 MET	
Sentado	1	Caminar 4Km/h	3	Cortar leña	6,5
Escribir	1,5	Bajar escaleras	4,5	Trotar a 8 Km/h	7,5
Vestirse	2	Bailar	4,5	Baloncesto	9
Manejar auto	2	Caminar a 4,8Km/h	4,5	Nadar Crol 0,7m/s	15
Caminar a 3,2 Km/H	2,5	Ciclismo a 15,6 Km/h	5	Correr a 19,3 Km/h	20

Tabla 8. Actividades y sus valores en MET.Modificada de Wilmore et al, 2004

Los sujetos pueden auto clasificarse a una intensidad en la que creen que están haciendo ejercicio. Hay una clasificación numérica asociada que puede corresponderse también a un rango cercano en el que se encuentre su frecuencia cardíaca.

ESCALA de BORG de PERCEPCION SUBJETIVA del ESFUERZO		
CLASIFICACION	ESCALA	EQUIVALENTE en FC
6		60-80
7	Muy, muy LEVE	70-90
8		80-100
9	Muy LEVE	90-110
10		100-120
11	LEVE	110-130
12		120-140
13	Un POCO DURO	130-150
14		140-160
15	DURO	150-170
16		160-180
17	MUY DURO	170-190
18		180-200
19	MUY, muy DURO	190-210
20		200-220

Tabla 9. Escala de Borg.Modificado de: Buceta, 1998

Es posible combinar los diferentes métodos para clasificar la intensidad del ejercicio; es decir, tomar en cuenta la frecuencia cardíaca máxima, el VO2 Max. O la FC de reserva y la escala de Borg de percepción subjetiva del esfuerzo.

CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO			
INTENSIDAD RELATIVA (%)		Escala de Esfuerzo de BORG	Clasificación de Intensidad
Frecuencia Max	VO2 Max o FCR		
Menor 35	Menor 30	Menor 9	Muy Leve
35-59	30-49	10-11	Leve
60-79	50-74	12-13	Moderada
80-89	75-84	14-15	Intensa
Mayor/igual 90	Mayor/igual 85	Mayor 16	Muy Intensa
Frecuencia cardíaca de Reserva (FCR)			

Se denomina fuerza máxima a la fuerza más alta que el sistema neuromuscular de un individuo es capaz de expresar en una contracción, la máxima capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. En el entrenamiento de fuerza se denomina repetición máxima, en adelante (1RM) a la cantidad máxima de peso que alguien puede llegar a cargar en un determinado ejercicio con la técnica perfecta y la mayor velocidad posible para realizar una sola repetición.(33)

La 1RM o sus porcentajes van a indicar la intensidad a la que se va a trabajar, así como su dosificación.

Las intensidades del entrenamiento de resistencia e impacto se definieron de la siguiente manera:

High Intensity Resistance and Impact Training, en adelante (HIRIT), fue una carga de entrenamiento del 80% de 1RM para ≤ 6 repeticiones, fuerza de reacción del suelo ≥ 4 veces el peso corporal, saltos de peso corporal con aterrizaje de piernas rígidas, y aeróbicos realizados con una carga de peso > 4 veces el peso corporal.

Moderate Intensity Resistance and Impact Training, en adelante (MIRIT), se definió con una carga de entrenamiento entre el 60-80% de 1RM 8-15 repeticiones, la fuerza de reacción del suelo $>$ de 2 y $<$ de 4 veces el peso corporal, ejercicio de caída de talón (dorsiflexión ≥ 0 grados), levantamiento del talón, y aeróbicos realizados con una carga $<$ a 4 veces el peso corporal, ejercicios de flexibilidad y ejercicios de fuerza isotónicos en miembros inferiores y miembros superiores, en sesiones de 3-6 veces por semana con una duración de 30-60 minutos.(34)

El salto implica un despegue del suelo como consecuencia de la extensión violenta de una o ambas piernas. El cuerpo queda suspendido momentáneamente en el aire, para cumplir su misión.(35)

Las fases del salto incluyen el impulso, seguido del vuelo, para culminar con la caída o amortiguamiento y contacto con el suelo.(36)

V.2.9. ROL DE LA KINESIOLOGÍA

La terapia con ejercicios es una estrategia de manejo muy importante para mantener la DMO. (37). El mejor programa de actividad física dependerá del estado de salud de las personas, de la edad cronológica y de la condición física inicial de sus capacidades funcionales. Se debe confeccionar de forma individualizada y progresiva, donde se deberá atender la verdadera edad biológica del individuo, ya que, se puede encontrar que un paciente de 65 años de edad cronológica podría tener en realidad un estado de salud y condición física global de 50, 55, 60, 65, 70, 75 de edad funcional. Como punto de partida para la prescripción del ejercicio se debe realizar la anamnesis junto con un examen integral de cada paciente que permita detectar los factores de riesgo y la condición física del individuo; para así determinar un programa acorde que incluya: tipo de actividad, intensidad, duración, frecuencia, densidad y progresión del ejercicio. Así como ajustar y replantear los objetivos propuestos de acuerdo a los cambios y a las nuevas evaluaciones, que deberán realizarse de manera periódica con el fin de lograr una adecuada progresión en la ejecución del ejercicio.(38)

Elegir los ejercicios correctos es un desafío complejo en donde se diferencian dos corrientes: una conservadora que recomienda trabajar con ejercicios tipo MIRIT. En esta línea, los de bajo impacto son ejercicios que se realizan manteniendo al menos un pie en contacto con el piso, sin comprimir en exceso las articulaciones, pero manifestándose en forma visible la tensión muscular en la zona trabajada. En otra línea se encuentra una corriente más audaz que incorpora los ejercicios de alto impacto dentro de su tratamiento, lo que implica una mayor exigencia de las articulaciones, pues hay impactos que pueden ser continuos, secuenciales o irregulares, aunque controlados ya que, forman parte de una actividad, por ejemplo, trote, saltos o cambios de dirección. Un tipo específico de entrenamiento de salto, el entrenamiento pliométrico, es una técnica de ejercicio que emplea un movimiento excéntrico rápido, seguido inmediatamente de una contracción concéntrica. La rápida transición de la fase excéntrica a la concéntrica se conoce como ciclo de estiramiento-acortamiento y es uno de los mecanismos subyacentes del entrenamiento pliométrico. Ejemplo: Salto con contramovimiento en el que un movimiento en cuclillas hacia abajo, es seguido inmediatamente por una extensión concéntrica explosiva de caderas, rodillas y tobillos, otros ejercicios incluyen saltos de cuerdas, saltos de caja, etc. Por otra parte, cabe

destacar que el impacto dependerá de diversos factores como la superficie donde se realiza la actividad, el calzado que se utiliza, la altura donde se apoya el pie en el suelo y el peso del sujeto.

Varios estudios establecieron que la carga osteogénica óptima requiere la aplicación de deformaciones de gran magnitud a elevadas velocidades. El entrenamiento de resistencia y alto impacto aplica tales cargas, pero tradicionalmente no se recomiendan dichos ejercicios para personas con osteoporosis ya que, existe la percepción errónea de que estos ejercicios presentan un riesgo elevado de lesiones y fracturas. Por lo que, el objetivo de este trabajo de investigación es indagar sobre sus efectos dentro de la población establecida, para así evaluar las pautas necesarias para su aplicación en relación a la aptitud física de cada paciente, apoyada en la evidencia científica, que permita brindar al profesional kinesiólogo una herramienta válida para la prevención y tratamiento de la osteoporosis.

VI. CONTEXTO DE ANALISIS.

Se analizaron diferentes programas de ejercicio en mujeres postmenopáusicas, para la prevención y tratamiento de la osteoporosis, y su relación con la DMO.

Entre 2015 y 2016 en la Universidad Griffith, Gold Coast, Australia y en The Bone Clinic, Brisbane, Australia realizó el ensayo clínico controlado aleatorizado denominado LIFTMOR (Lifting Intervention for Training Muscle and Osteoporosis Rehabilitation) cuyo propósito fue determinar la eficacia y monitorear los efectos adversos del entrenamiento de resistencia e impacto de alta intensidad denominado (HIRIT), con el objetivo de reducir los parámetros de riesgo de fractura en mujeres postmenopáusicas con baja masa ósea. Dicho estudio fue publicado en EEUU en el año 2017 por la Sociedad estadounidense de investigación mineral y ósea. Para ello fueron reclutadas un total de 101 mujeres con un rango de edad de 65 ± 5 años; $161,8 \pm 5,9$ cm de estatura; $63,1 \pm 10,5$ Kg y aleatorizadas a 8 meses de HIRIT supervisado de 30 minutos, 2 veces por semana, 5 series de 5 repeticiones, o un programa de ejercicios de baja intensidad realizado en el hogar con grupo control. Los participantes asignados al

grupo HIRIT realizaron la intervención en la Universidad Griffith, Gold Coast, Australia o en The Bone Clinic, Brisbane, Australia. Para garantizar una transición segura al ejercicio de alta intensidad, el primer mes de la intervención comprendió variantes de ejercicios de peso corporal y de baja carga, con un enfoque en el aprendizaje progresivo de los patrones de movimiento de los ejercicios HIRIT. Durante el resto del periodo de intervención se realizó ejercicio de fuerza, que incluyó peso muerto, press militar y sentadilla trasera, en 5 series de 5 repeticiones manteniendo una intensidad entre el 80 y 85% 1RM. Los participantes realizaron hasta 2 series de peso muerto al 50% y 70% 1RM para que sirviera de calentamiento. La carga de impacto se aplicó a través de dominadas de salto con caídas. Se instruyó a los participantes para que agarraran una barra superior con los hombros y codos flexionados a 90 grados, con las manos separadas al ancho de sus hombros y con un agarre supino. Luego cada participante salto lo más alto posible empujándose con sus brazos y en la cima del salto el participante se dejaba caer al suelo, concentrándose en aterrizar. Cada sesión de ejercicio se realizó en grupos pequeños de hasta 8 participantes por instructor, que era un científico del ejercicio o un fisioterapeuta. Los participantes asignados al MIRIT grupo control realizaron un programa de ejercicios de baja intensidad de 10 a 15 repeticiones a <60% 1RM, de 8 meses, 2 veces por semana de 30 minutos en el hogar, diseñado para mejorar el equilibrio y la movilidad, pero que buscaba proporcionar un estímulo mínimo para el hueso.(39) Consistía en caminar 10 minutos para la entrada en calor, luego entrenamiento de resistencia de baja carga que incluyeron zancadas, levantamiento de pantorrillas, levantamiento de pie hacia adelante y encogimiento de hombros, estiramiento de cuello de lado a lado, estiramiento estático de pantorrillas, estiramiento de hombros y estiramiento lateral de columna lumbar, para terminar con 5 minutos de caminata para el enfriamiento. La intensidad de los ejercicios de resistencia progresó desde el peso muerto hasta un máximo de 3 kilos de pesas en las manos durante el último mes del programa. Las pruebas previas y posteriores a la intervención incluyeron la DMO de la columna lumbar y fémur proximal, y medidas de rendimiento funcional (levantamiento y movimiento cronometrado, alcance funcional, 5 veces sentado y de pie, fuerza de espalda y de piernas. Arrojando como resultados que: Los efectos del HIRIT (n=49) fueron superiores a los del grupo control (n=52) para la DMO de la columna lumbar (LS) ($2,9 \pm 2,8\%$ versus $-1,2 \pm 2,8\%$, $p < 0,001$), cuello femoral (FN) DMO ($0,3 \pm 2,6\%$ frente a $-1,9 \pm 2,6\%$, $p=0,004$), espesor cortical FN ($13,6 \pm 16,6\%$ frente a $6,3 \pm 16,6\%$, $p=0,014$), altura ($0,2 \pm 0,5\text{cm}$ frente a $-0,2 \pm 0,5\text{cm}$, $p=0,004$), y todas

las medidas de rendimiento funcional ($p < 0,001$). El cumplimiento fue HIRIT $92 \pm 1,1\%$, grupo control $85 \pm 2,4\%$, con un solo evento adverso informado, HIRIT: espasmo lumbar menor, que solamente lo alejó del programa por 2 sesiones de entrenamiento, que al finalizar cumplió con 68 de las 70 sesiones. (40)

	GRUPO HIRIT	GRUPO CONTROL
N=	49	52
DMO (LS)	$2,9 \pm 2,8\%$, $P < 0,001$	$-1,2 \pm 2,8\%$, $p < 0,001$
DMO (FN)	$0,3 \pm 2,6\%$, $p = 0,004$	$-1,9 \pm 2,6\%$, $p = 0,004$
ESPELOR CORTICAL(FN)	$13,6 \pm 16,6\%$, $p = 0,014$	$6,3 \pm 16,6\%$, $p = 0,014$
ALTURA	$0,2 \pm 0,5\text{cm}$	$-0,2 \pm 0,5\text{cm}$
ADHESION	$92\% \pm 1,1\%$	$85\% \pm 2,4\%$

Un artículo de revisión realizado en Australia, en el marco de una beca de investigación internacional de posgrado de la Universidad de Griffith, publicado en febrero de 2021 cuyo objetivo fue determinar los efectos del ejercicio de intensidad baja, moderada y alta sobre la DMO en columna lumbar y cadera en mujeres posmenopáusicas, mediante búsquedas de ECA en base de datos electrónicas y listas de referencia que examinaran el efecto del ejercicio en comparación con un grupo control sobre la DMO de columna lumbar, cuello femoral y cadera total derivada de DXA en mujeres posmenopáusicas sanas. Las diferencias de media (DM) se calculan mediante modelos de efectos aleatorios y se realiza un análisis de riesgo de sesgo. Para determinar el efecto de diferentes tipos de entrenamiento, utilizando ejercicios de fuerza y de impacto, sobre los resultados de la DMO se realizaron análisis de subgrupos para todas las categorías de intensidad y resultados. Se realizaron Meta análisis separados tanto para examinar la influencia de agregar ejercicios a una intervención de medicación, como para determinar el riesgo de fractura. Resultados: Se recopilaron datos de 53 ECA que probaron 63 intervenciones, (19 de baja intensidad, 40 de moderada intensidad y 4 de alta intensidad) En la columna

lumbar, el ejercicio de alta intensidad produjo mayores efectos en la DMO (DM=0,031g/cm² IC del 95% [0,012, 0,049], p=0,002), que los moderados (DM=0,010g/cm² IC del 95% [0,008, 0,017], p<0,001), y de baja intensidad (DM=0,010g/cm² IC del 95% [0,005, 0,015], p<0,001). El ejercicio de intensidad baja y moderada fue igualmente eficaz en el cuello femoral (baja: 0,011g/cm² IC del 95% [0,006, 0,016], p<0,001; moderado: 0,011g/cm² IC del 95% [0,007, 0,015], p<0,001, pero no se observó ningún efecto del ejercicio de alta intensidad. El ejercicio de intensidad moderada aumentó la DMO de cadera total (0,008g/cm² IC del 95% [0,004, 0,012], p<0,001, pero no así el de baja intensidad. No hubo datos significativos para realizar un metanálisis del efecto del ejercicio de alta intensidad en cadera total. Conclusión, el ejercicio de alta intensidad es un estímulo más efectivo para la DMO de columna lumbar que el ejercicio de baja y moderada intensidad, pero no así para la DMO de cuello femoral, sin embargo, este último hallazgo puede deberse a la falta de potencia.(41)

	DMO (LS)	DMO (FN)	DMO (TH)
ALTA INTENSIDAD	0,031g/cm ²	SIN EFECTO	FALTA DATOS
MODERADA INTENSIDAD	0,010g/cm ²	0,011g/cm ²	0,008g/cm ²
BAJA INTENSIDAD	0,010g/cm ²	0,011g/cm ²	SIN EFECTO

El Instituto de Física Médica de la Universidad de Erlangen-Nurnberg, Alemania, implementó y realizó el ensayo semiciego controlado aleatorizado denominado ACTLIFE, publicado en enero de 2021. Cuyo objetivo fue determinar el efecto de un programa de ejercicios multipropósito de 18 meses sobre los factores de riesgo y los síntomas relacionados con la transición a la menopausia, para ello, 54 mujeres de 1 a 5 años posmenopáusicas con osteopenia u osteoporosis fueron asignadas aleatoriamente a: un grupo de entrenamiento de resistencia con pesas, alto impacto, alta intensidad,

velocidad (GE: n=27) que hacía ejercicio 3 veces por semana en sesiones de 40 a 60 minutos, y un grupo control (GC: n=27) que realizaba ejercicio de baja intensidad 1 vez por semana. El criterio principal del estudio fue la DMO en columna lumbar (LS) y cadera total (TH) y los resultados secundarios fueron la masa corporal magra (LBM), el porcentaje corporal total y abdominal, el síndrome metabólico Z-Score (MetS-Z), síntomas menopáusicos, fuerza y potencia muscular. En GE el protocolo de ejercicio se ajustó al perfil de factores de riesgo de mujeres posmenopáusicas con un enfoque multimodal que incluyó ejercicios con pesas, que involucraban principalmente danza aeróbicas con fuerzas de reacción del suelo de moderadas a altas, saltos y ejercicios de resistencia; la secuencia aeróbica contaba con 5 minutos de baile aeróbico de bajo impacto para el calentamiento, luego 15 minutos de baile aeróbico de alto impacto con 6-10 movimientos variables de intensidad mecánica progresivamente creciente, en total se realizaron entre 80 y 120 movimientos de alto impacto en cada sesión de baile aeróbico. Después de 6 meses se introdujo una secuencia de salto, con 7 tablas de peldaños de diferentes alturas, esta secuencia de salto se repitió 8 veces, con 20 segundos de descanso entre cada repetición. Los peldaños se elevaron progresivamente de (20 a 36 cm) a lo largo de la intervención. La GRF máxima para el salto profundo desde el escalón más alto promedió alrededor de 4- 4,5 veces la masa corporal. En el grupo control el ejercicio se centró en la estabilidad, flexibilidad y bienestar, aunque con un fuerte énfasis en la aplicación de un protocolo de ejercicio que no debería afectar de manera relevante al hueso, la composición corporal y la fuerza/potencia máxima. Durante el periodo de intervención de 13 meses se completaron dos ciclos de 12 semanas de ejercicios grupales supervisados de 45 minutos, intercalados por 12-14 semanas de ejercicio en el hogar guiado por video, no supervisado de 15 minutos. La sesión de entrenamiento supervisada en grupo consistió de 15 minutos de caminata/marcha, seguida de 20 minutos de estiramientos y ejercicios fáciles en el piso y 10 minutos de enfriamiento. El estudio mostró efectos significativos para la DMO LS (GE: $0,002\pm 0,018$ frente al GC: $-0,009\pm 0,018\text{mg/cm}^2$, $p=0,027$), pero no así para DMO de cadera total que midió (GE: $-0,01\pm 0,016$ frente a GC: $-0,09\pm 0,020\text{mg/cm}^2$, $p=0,129$). La LBM mejoró significativamente en el GE y disminuyó en el GC ($0,39\pm 1,08$ frente $-0,37\pm 1,34\text{Kg}$, $p=0,026$). La grasa corporal total y abdominal mejoró en el GE y se mantuvo en el GC, ($-1,44\pm 1,49$ frente a $-0,02\pm 1,55\text{Kg}$, $p=0,002$) y ($-1,50\pm 2,33$ frente $0,08\pm 2,07\text{Kg}$, $p=0,011$). También se determinaron efectos significativos a favor del GE para síntomas

menopáusicos ($p=0,029$), fuerza de extensión de cadera/pierna ($p<0,001$) y potencia ($p<0,001$). Los cambios del MetS-Z no difirieron ($p=0,149$) entre el grupo GE y GC. Quedando demostrado la efectividad de un protocolo de ejercicios multipropósito dedicado a mujeres posmenopáusicas tempranas.

Este estudio fue incluido, a pesar que el rango de edad de las participantes fue de $54,5\pm 2,6$ por el hecho que se discutió que la DMO en la cadera total no mostró cambios como resultado de la intervención en comparación a un estudio de Watson et al... que usaron un protocolo de ejercicio de resistencia e impacto e informaron un efecto mucho mayor sobre DMO en LS (GE $2,9\pm 2,8\%$ frente GC $-1,2\pm 2,8\%$ $p<0,001$) y FN ($0,3\pm 2,6\%$ frente a $-1,9\pm 2,6\%$, $p=0,004$) en su cohorte, aunque mayor (65 ± 5 años) de mujeres osteoporóticas donde se puede argumentar que el estado posmenopáusico temprano de las pacientes podría haber contribuido a esta diferencia.(42)

	GRUPO EJERCICIO	GRUPO CONTROL
DMO (LS)	$0,002\pm 0,018\text{mg/cm}^2$	$-0,009\pm 0,018\text{mg/cm}^2$
DMO (TH)	$-0,01\pm 0,016\text{mg/cm}^2$	$-0,09\pm 0,020\text{mg/cm}^2$
LBM	$0,39\pm 1,8$, $p=0,026$	$-0,37\pm 1,34\text{kg}$, $p=0,026$

Un ensayo controlado aleatorizado parcialmente ciego realizado en la Universidad de Griffith, Australia entre marzo de 2018 y agosto de 2020 denominado MEDEX-OP cuyo objetivo fue determinar los efectos del entrenamiento de resistencia e impacto de alta intensidad (HIRIT) con o sin medicación ósea antirresortiva, en comparación con un programa de ejercicio de baja intensidad basado en Pilates (LIPBE) con o sin medicación ósea antirresortiva. Para ello 102 mujeres posmenopáusicas que recibieron o no dosis estables de terapia con medicación antirresortiva se asignaron al azar formando 4 grupos (HIRIT, LIPBE, HIRIT-Med, LIPBE-Med), las mujeres reclutadas tenían al menos 5 años después de menopausia, presentaban una masa ósea baja (columna lumbar (LS) y/o cuello femoral (FN) T puntuación de $\leq -1,0$). Ambos protocolos de ejercicio incluyeron sesiones de 40 minutos, 2 veces por semana en días no consecutivos durante 35 semanas. Todas las sesiones fueron supervisadas por un fisioterapeuta o científico

del ejercicio calificado. El entrenamiento de resistencia e impacto de alta intensidad (HIRIT ONERO) incluyó 3 ejercicios de resistencia (peso muerto, sentadilla y, press de cabeza), 1 de impacto y 2 de equilibrio, se realizaron en 5 series de 5 repeticiones a $\geq 80\%$ de 1RM. La intensidad de entrenamiento se controló utilizando la escala de Borg de 6 a 20 para lograr una calificación de ≥ 16 para cada ejercicio, correspondiente a muy duro. El ejercicio de alto impacto implicó un salto asistido y un aterrizaje con las piernas rígidas con una atenuación mínima del impacto al aterrizar. Los ejercicios se introdujeron gradualmente durante un periodo de adaptación de 2 semanas. El ejercicio de baja intensidad basado en Pilates incluye trabajos sobre colchoneta en posición supina, prona, de lado y cuadrupedia. Los últimos 10-15 minutos de cada sesión se realizaron en una posición de carga de peso de pie y consistieron en sentadillas con el peso del cuerpo, ejercicios de equilibrio y de bajo impacto (talones caídos y pisotones), así como ejercicios realizados con mancuernas livianas con 6-10 repeticiones por ejercicio. Los 4 grupos fueron los siguientes: LIPBE (n=43, edad $63,7 \pm 4,9$ años); HIRIT (n=37, edad $63,8 \pm 6,1$ años); LIPBE-Med (n=11, edad $65,3 \pm 7,5$ años); HIRIT-Med (n=11, edad $70,6 \pm 5,6$ años), la edad promedio fue de $64,7 \pm 6,0$ años. El cambio a los 8 meses en los resultados de BMC volumétrico (vBMC), volumen y BMD volumétrico (vBMD) revelaron que HIRIT aumentó el FN y vBMC total, pero LIPBE no, ($2,0 \pm 0,8\%$ frente a $-0,2 \pm 0,7\%$, $p=0,03$ HIRIT mejoró el vBMC y el vBMD trabecular TH y el vBMC total, en comparación con las pérdidas en el grupo LIPBE, ($3,1 \pm 1,1\%$ frente a $-1,2 \pm 1,2\%$, $p=0,008$); ($1,5 \pm 1,0\%$ frente a $-1,6 \pm 1,2\%$, $p=0,042$) y ($0,7 \pm 0,4\%$ versus $-0,8 \pm 0,6\%$, $p=0,032$) respectivamente. Se llegó a la conclusión que el entrenamiento de fuerza y de impacto de alta intensidad mejoró los índices de fuerza ósea del fémur proximal, mientras que el entrenamiento de baja intensidad basado en Pilates fue en gran medida ineficaz. Estos hallazgos se suman a la creciente evidencia de que los ejercicios de alta intensidad producen una mayor respuesta osteogénica que la de menor intensidad; en donde la supervisión continua y la progresión individual de la carga son cruciales para la aplicación segura del ejercicio de alta intensidad en personas con alto riesgo de fractura. Por otra parte, estudios preliminares sugieren que la ingesta de medicamentos puede mejorar los efectos del ejercicio de alta intensidad, aunque se necesita seguir investigando. Los hallazgos sugieren un riesgo reducido de fractura de cadera en respuesta a HIRIT.(43)

	HIRIT	LIPBE	P=
FN			
vBMC total	2,0±0,8%	-0,2±0,7%	P=0,03
vBMC	3,1±1,1%	-1,2±1,2%	P=0,008
vBMD trabecular	1,5±1,0%	-1,6±1,2%	P=0,042
TH			
vBMC total	0,7±0,4%	-0,8±0,6%	P=0,032

Un estudio realizado en España y publicado en abril de 2018 cuyo objetivo fue evaluar el potencial de diferentes ejercicios que desencadenan una respuesta osteogénica en el cuello femoral en mujeres posmenopáusicas mediante el cálculo y comparación de las tensiones máximas de compresión y tracción que se producen en la parte superior e inferior del cuello femoral en un grupo de mujeres posmenopáusicas. Para ello se recopilaron datos de 14 mujeres con un rango de edad de (63,9±7años). En primer lugar, se pidió a las participantes caminar-correr en una cinta, desde 3Km/h hasta la velocidad máxima alcanzable. Mientras que las 14 caminaron a 3-4 Km/h, sólo 7 participantes alcanzaron una velocidad de marcha de 6Km/h. Correr: 4 sujetos corrieron a 5Km/h; 8 lo hicieron a 7Km/h y sólo 5 alcanzaron la velocidad máxima de carrera de 9Km/h. Luego se realizó el ejercicio de salto, consistente en 3 saltos unilaterales consecutivos separados en una fase de aterrizaje y propulsión. Por último 12 de las 14 participantes realizaron un ejercicio dinámico de abducción (HABD)/ aducción (HADD) y flexión (HF)/ extensión (HE) de cadera en bipedestación manteniendo la pierna derecha recta contra un peso externo igual a 40, 60 y 80% de 1 repetición máxima.

Se establece que saltar, correr y caminar rápido da como resultado tensiones de compresión y tracción significativamente mayores a caminar a 4Km/h. De todos los ejercicios evaluados en el estudio, los saltos (aterrizaje y propulsión) dieron como

resultado las mayores tensiones de compresión y tracción en la parte inferior del cuello femoral. La marcha rápida de 5-6Km/h resulta en tensiones de compresión más altas en la parte inferior y superior y tensiones de tracción más altas en la parte superior del cuello femoral en comparación con la marcha a 4Km/h. El entrenamiento de resistencia sólo induce distensiones similares cuando se realizan al 80% RM, a intensidades inferiores inducen tensiones menores a las comparadas a caminar a 4Km/h. Además, los resultados del estudio sugieren ningún efecto de los ejercicios de fuerza dirigidos a la cadera sobre la DMO del cuello femoral, excepto a intensidades superiores a 80% RM. Sin embargo, el potencial osteogénico de un ejercicio depende no sólo de la clasificación de tensión, sino también se debe tener en cuenta el riesgo de fractura. El criterio de Pistoia establece que si el 2% de tejido supera una deformación efectiva de 7000µ deformaciones es probable que se produzca una fractura. Con este criterio saltar se consideraría un ejercicio de riesgo elevado de fractura en ancianos. Sin embargo, dichos criterios dependen de la geometría del hueso, la malla, las propiedades del material y las condiciones de carga, y deben interpretarse con cautela. Por lo que, las conclusiones basadas en comparaciones relativas de las magnitudes de tensión siguen siendo válidas siempre que el volumen, la frecuencia y la duración de cada ejercicio y el programa de entrenamiento sean adecuados. Esto indica la necesidad de realizar más estudios de entrenamiento clínico sobre el efecto de las distensiones en la BMD en el fémur proximal para determinar el potencial osteogénico de cada ejercicio. Por lo que la marcha rápida superior a 5Km/h y la carrera son adecuados para aumentar la DMO, mientras que los saltos deben considerarse con cautela.(39)

Un estudio realizado por la Sociedad Estadounidense de Investigación Ósea y mineral en 2019, cuyo propósito fue investigar sobre los efectos de una intervención de ejercicios de alto impacto sobre la DMO, el contenido mineral óseo (BMC) y el módulo de sección (Z), así como los biomarcadores de imagen de la osteoartritis (OA). La intervención duró 6 meses y consistió en un ejercicio progresivo, unilateral y de alto impacto que incorporó saltos multidireccionales en una pierna de ejercicio seleccionada al azar (EL), para compararla con la pierna contralateral, de control (CL). Se utilizó DXA para medir la BMD, BMC y Z del cuello femoral. Resonancia magnética nuclear (RMN) de la articulación de la rodilla para analizar la composición bioquímica del cartílago articular mediante relaxometría T2 y para analizar la patología articular asociada con (OA) mediante análisis semicuantitativo. Para ello se reclutaron 42

mujeres de 55 a 70 años que tenían al menos 12 meses de menopausia. 35 participantes (61,7±4,3 años) completaron la intervención con los siguientes resultados: DMO, BMC y Z del cuello femoral aumentaron en EL: (0,81%, 0,69% y 3,18% respectivamente) en comparación con CL: (-0,57%, -0,71% y -0,75%: todos los efectos de interacción $p < 0,05$). Hubo un aumento significativo en los tiempos medios de relajación T2 (efecto principal del tiempo $p=0,011$), pero esto no difirió entre EL y CL, lo que indica que no hubo un efecto global. El análisis semicuantitativo mostró una alta prevalencia de lesiones de la médula ósea (BML) y defectos del cartílago, especialmente en la articulación femorrotuliana (PFJ), sin indicios de que la intervención causara progresión de la patología. Se llegó a la conclusión de que una intervención de ejercicio de alto impacto mejora la DMO del cuello femoral, sin efectos negativos en los biomarcadores de imagen de OA de rodilla. El ejercicio unilateral de alto impacto es una intervención factible para reducir el riesgo de fractura de cadera en mujeres posmenopáusicas sanas.(44)

Este estudio de cohorte retrospectivo realizado en Taiwán, 2019, aprobado por el comité de ética y junta de revisión institucional del Chang Gung Memorial Hospital, el cual a la vez financió el estudio. Investigó sobre el efecto de 24 semanas de baile aeróbico sobre la densidad ósea, el estado físico y la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en mujeres posmenopáusicas con osteopenia, con un total de 80 participantes que se dividieron en 2 grupos: Grupo control (CON) $n=40$ (62,5±6,6 años) y ejercicio (EX) $n=40$ (61,5±7,5 años) La DMO, la condición física y el cuestionario SF-36 se evaluaron al inicio y a las 24 semanas. El grupo EX realizó los ejercicios 3 veces por semana, durante 24 semanas, cada clase de 60 minutos se dividió en 10 minutos de calentamiento suave, 35 minutos de ejercicio de baile y 10-15 minutos de actividad de enfriamiento. Todos los participantes recibieron 600mg de calcio (oral) y 800 unidades internacionales de vitamina D3. El grupo CON recibió sólo los medicamentos. El cambio de DMO en cuello femoral a las 24 semanas mostró como resultado (CON: -1,3±2,7% frente a EX: 3,1±4,6%, $p=0,001$). La fuerza de agarre, el paso lateral y el dominio funcional mejoraron significativamente en comparación con el grupo CON. Estos resultados sugieren que la intervención de baile aeróbico de 24 semanas podría resultar en una menor incidencia de fracturas óseas al aumentar la DMO y disminuir el riesgo de caídas para mujeres posmenopáusicas.(45)

Un estudio realizado en 2014 evaluó los efectos del ejercicio de alto impacto sobre el contenido mineral óseo (BMC) y la composición bioquímica estimada del cartílago de rodilla en mujeres posmenopáusicas con osteoartritis de rodilla leve. Para ello 80 mujeres de 55-66 años con OA de rodilla leve fueron asignadas al azar para someterse a ejercicio progresivo supervisado 3 veces por semana, durante 12 meses GE: n=40, o un grupo control sin intervención CON: n=40. El BMC del cuello femoral, el trocánter y la columna lumbar se midió mediante DXA. La composición bioquímica del cartílago se estimó mediante (iRMN) imágenes de resonancia magnética mejoradas con gadolinio retardadas (dGEMRIC), sensibles al contenido de glicosaminoglicanos del cartílago, y mapeo del tiempo de relajación transversal (T2) que es sensible a las propiedades de la red de colágeno. Además, se evaluó los síntomas clínicos importantes y los factores de riesgo de caídas relacionadas con el rendimiento físico: aptitud cardiorrespiratoria, equilibrio dinámico, fisiométrica máxima de extensión y flexión de rodilla y potencia de piernas. El protocolo de ejercicios incluyó: multidireccionales, aeróbicos y saltos aeróbicos alternados cada 2 semanas. Con una duración de 55 minutos cada clase. La carga se incrementó gradualmente después de 3 meses elevando progresivamente la altura de las vallas de espuma de 5 a 20 cm en los ejercicios aeróbicos, y la altura de las bancas de step de 10 a 20 cm en los ejercicios de saltos. Los resultados expuestos arrojaron una ganancia media de BMC del cuello femoral en el grupo GE del 0,6% (IC del 95%, -0,2% a 1,4%) frente a la pérdida media del grupo control de -1,2% (IC del 95%, -2,1% a -0,4%). El cambio en la línea de base, la masa corporal y el cambio de masa corporal ajustado a BMC entre los grupos fue significativo ($p=0,005$), mientras que no se produjeron cambios en la composición bioquímica del cartílago. El equilibrio, la fuerza muscular y la aptitud cardiorrespiratoria mejoraron significativamente más en GE (3% al 11%). El hallazgo más importante es que el ejercicio de salto de alto impacto para fortalecer los huesos, que, además, tuvo efectos positivos sobre los factores de riesgo de caídas relacionadas con el rendimiento físico, no fue perjudicial para la integridad del cartílago articular en OA de rodilla leve. Llegando a la conclusión que el entrenamiento de alto impacto implementado progresivamente aumenta la masa ósea, no afecta la composición bioquímica del cartílago y puede ser factible en la prevención de la osteoporosis y los factores de riesgo de caídas relacionadas con el rendimiento físico en mujeres posmenopáusicas.(46)

Un estudio realizado en Australia en 2020 con el objetivo de determinar la adherencia, la seguridad y los cambios en la DMO, la micro arquitectura ósea y la función física, después de una intervención piloto de ejercicio de impacto en el hogar en mujeres posmenopáusicas con una masa ósea con puntajes T de BMD <-1. Para ello 50 mujeres (media \pm SD de edad 64,5 \pm 7,5 años) participaron de 16 semanas de ejercicios de impacto en el hogar aumentando progresivamente a 50 saltos unilaterales multidireccionales en cada pierna, diariamente. La densidad y la estructura ósea se evaluaron mediante DXA de columna lumbar y cadera, modelado 3D (3D-SHAPER) de exploraciones DXA de cadera y exploraciones de tomografía computarizada cuantitativa periférica de alta resolución de tibia distal. El rendimiento físico se evaluó mediante el tiempo repetido de pararse en una silla y el tiempo de subir escaleras. 44/50 mujeres completaron la intervención, con una adherencia del 85,3 \pm 17,3%. Las razones del retiro fueron: dolor relacionado (n=2), lesión no relacionada (n=1), y pérdida de interés (n=3). La DMO del cuello femoral aumentó en un 1,13 \pm 3,76% (p=0,048). La DMO volumétrica trabecular (vBMD) aumentó en cadera total (2,27 \pm 7,03%; p=0,038), y aumentó el cuello femoral (3,20 \pm 5,39%; p<0,001) La DMO v total de la tibia distal aumento en un 0,32 \pm 0,88%, (p=0,032) y el área transversal cortical aumentó en un 0,55 \pm 1,54%, (p=0,034) tiempo para pararse en una silla y para subir escaleras mejoró en 2,34 \pm 1,88seg (p<0,001) y 0,27 \pm 0,49seg (p<0,001) respectivamente. Con estos datos se llegó a la conclusión que un ejercicio de impacto en el hogar de 16 semanas fue factible y puede ser efectivo para mejorar la DMO del área del cuello femoral, la vBMD de cadera total y tibial distal y la función física en mujeres posmenopáusicas, aunque se requieren ECA para determinar si tales intervenciones pueden reducir el riesgo de fractura en poblaciones de mayor edad.(47)

Una Revisión sistemática y metanálisis realizado en la Universidad de Shinshu, Matsumoto, Japón, en agosto de 2022 cuyo objetivo fue comparar los efectos del Entrenamiento de Resistencia e Impacto de Intensidad Moderada y Alta, (en adelante MIRIT y HIRIT), sobre los cambios en DMO en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis. Se utilizaron ensayos controlados aleatorios que compararon los efectos de la intervención MIRIT e HIRIT como criterio de selección para evaluar a los pacientes con osteoporosis o una afección osteoporótica. Se realizaron búsquedas en Pub med, CINAHL Web of Science, EMBASE y Medline. La evaluación del riesgo de sesgo se realizó mediante la herramienta revisada Cochrane de riesgo de sesgo. Se

recopilaron como resultados estimaciones puntuales a intervalos de confianza de 95% en los cambios en DMO derivados de DEXA y se realizó un metanálisis utilizando la cantidad de cambio en DMO antes y después de la intervención. La búsqueda arrojó 6 estudios con un total de 391 pacientes de 53 a 65 años de edad, de los cuales 3 estudios se encuentran incluidos en ésta revisión bibliográfica, Watson et al, 2018; Hettchen et al, 2021 y Kistler-Fischbacher et al, 2021. La duración de la intervención varió de 24 semanas a 13 meses, la frecuencia del ejercicio en todos los estudios fue de 2 o 3 veces por semana. Casi todos los estudios observaron eventos adversos mínimos. En comparación con el grupo MIRIT, el grupo HIRIT mostró una DMO significativamente mejorada de columna lumbar. Sin embargo, se observó un alto grado de heterogeneidad en 3 estudios, por lo cual, la interpretación de estos resultados y la aplicación de HIRIT requieren cautela, ya que, persisten las preocupaciones con respecto a la heterogeneidad, la solidez insuficiente de los resultados y la baja certeza de la evidencia. Finalmente sobre la base de los resultados de esta revisión aún no es posible realizar recomendaciones específicas con respecto a la intensidad óptima del tratamiento con ejercicios.(34)

VII. Resultados.

VII.1. Búsqueda de literatura y selección de artículos.

De la búsqueda surgieron 65 artículos de potencial interés para su revisión, de los cuales 8 fueron excluidos por ser publicados antes del 2012, 11 por no cumplir con el rango de edad requerido y 8 por contener datos inconclusos; de los 38 artículos restantes se seleccionaron 10 ya que, se obtuvo información de relevancia para la investigación.

VII:2. Tipos de estudios y características de las intervenciones.

Los estudios seleccionados incluyeron: ensayos controlados aleatorizados (ECA), revisiones sistemáticas, ensayos pilotos aleatorios controlados y metaanálisis.

Todos los estudios incluyen la realización de ejercicios físicos.

Los ejercicios multicomponente, que incluyen entrenamiento de resistencia e impacto de alta intensidad, equilibrio, aeróbicos y saltos, fueron analizados en 7 artículos. Los cuales fueron comparados con grupos de control que realizaron ejercicios de baja intensidad o que no realizaron actividad.

El salto puro fue analizado en 3 artículos. 2 incluyeron saltos unilaterales y el artículo restante incluyó tres tipos de salto: CMJ (salto vertical con lanzamiento y aterrizaje a 2 piernas), DJ (Drop jump desde un cajón de 30 centímetros: la caída continúa directamente en un salto vertical a 2 piernas) y DDJ (como DJ, pero actuando en diagonal hacia delante 45 grados).

Un artículo analizó el baile aeróbico y su efecto sobre la DMO, el estado físico y la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en mujeres posmenopáusicas con osteopenia.

Un artículo comparó el ejercicio de fortalecimiento con el ejercicio de alto impacto y el restante artículo fue una revisión sistemática y metaanálisis.

13 artículos evaluaron los efectos del ejercicio sobre la DMO y la Microarquitectura, además, 7 de ellos analizaron el efecto del ejercicio sobre el rendimiento funcional, el equilibrio y la prevención de caídas.

VII.3. Frecuencia y duración de los programas.

En cuanto a la frecuencia de las intervenciones, en 2 estudios hubo una única sesión. En dos estudios se realizaron 2 veces por semana. En 6/13 estudios (46%) se realizaron 3 sesiones semanales. 2 estudios tuvieron 6 sesiones semanales.

La duración de las sesiones varió desde 30 minutos a 60 minutos.

La duración de los programas varió desde 3 meses a 18 meses. No obstante, 2 estudios tuvieron una única intervención.

VII.4. Adhesión.

Sólo 5 estudios informaron las tasas de adhesión, las cuales se situaron entre el 59% y el 92%, con una media del 79,75%.

Las causas del abandono de los diferentes programas fueron: enfermedad aguda, tiempo de viaje (traslado), pérdida de interés y problemas personales.

VII.5. Efecto de las intervenciones.

Las intervenciones que implementaron el entrenamiento de resistencia e impacto de alta intensidad (HIRIT) mejoraron significativamente la DMO de LS y FN, vBMC y vBMD y todas las medidas de rendimiento funcional. Reportando un efecto adverso que se trató de un espasmo lumbar menor, por el cual la participante perdió 2/70 sesiones de entrenamiento.

Los estudios que incluyeron ejercicios de alto impacto dentro de sus programas informaron beneficios en la DMO de LS y FN, aunque hubo discrepancias en los resultados en cuanto a cadera total.

Otro estudio reveló que el entrenamiento de fuerza e impacto mejoró los índices de fuerza ósea del fémur proximal, mientras que el entrenamiento de baja intensidad, basado en Pilates fue en gran medida ineficaz.

Una intervención basada en baile aeróbico de 24 semanas evidenció un aumento de la DMO de cuello femoral, además de aumentar la fuerza de miembros inferiores y disminuir el riesgo de caídas.

Por otra parte, un estudio que evaluó el potencial de diferentes ejercicios de desencadenar una respuesta osteogénica mediante el cálculo y comparación de las tensiones máximas de compresión y tracción que se producen en la parte inferior y superior del cuello femoral, reveló que: saltar, correr y caminar rápido 5-6Km/h

producen tensiones de compresión y tracción más altas en comparación a caminar a 4 Km/h. Además, los saltos (aterrizaje y propulsión) dieron las mayores tensiones de compresión y tracción en la parte inferior del cuello femoral; lo que concuerda con varios ensayos que sugieren que un programa de intervención de marcha rápida 5-6 km/h y saltos (verticales/multidireccionales) puede inducir en un aumento de DMO del cuello femoral en población de edad avanzada. No obstante, el estudio sugiere ningún efecto de los ejercicios de fuerza dirigidos a la cadera, sobre la DMO del cuello femoral, excepto a intensidades superiores a 80% RM.

Otro estudio realizado en mujeres posmenopáusicas con OA leve de rodilla demostró beneficios del ejercicio unilateral de alto impacto sobre el cuello femoral, sin efectos negativos en los biomarcadores de imagen de OA de rodilla.

Por último, en el estudio que investigó los efectos de un programa de ejercicios múltiple componente basado en la comunidad, el cual tuvo dos partes, la primera de 12 meses de entrenamiento, seguida de una transición de investigación práctica de 6 meses en la cual se pasó de una frecuencia de 3 veces semanales a 1 vez por semana reportó un incremento de la DMO de cuello femoral a los 12 meses, que se incrementó a los 18 meses. En cuanto a la DMO de LS el incremento logrado en los 12 meses no se mantuvo a los 18 meses. Además, demostró una mejora de los resultados funcionales, y que estos se pueden mantener 6 meses con una frecuencia más baja (1 o 2 veces por semana), no obstante, durante los 18 meses, 36 participantes reportaron 59 caídas y una fractura de muñeca.

VIII. Conclusión.

La menopausia es el factor de riesgo más importante para el desarrollo de la osteoporosis, dado que en esta situación se produce una deficiencia en los estrógenos, lo cual altera el equilibrio del remodelado óseo aumentando el ciclo de reabsorción osteoclástica sin un aumento de la actividad osteoblástica, lo que conduce a una pérdida de tejido óseo. Tanto en el desarrollo como en la activación funcional del osteoclasto es primordial el receptor RANK, sobre el que actúa una molécula conocida como RANKL;

los estrógenos promueven una sustancia llamada osteoprotegerina (OPG), que es un potente inhibidor del RANKL e impide que este se una al RANK, evitando así la estimulación del osteoclasto. Razón por la cual la falta de estrógeno conduce a una mayor cantidad de osteoclastos, que culmina en osteoporosis, cuadro que se agrava en la posmenopausia.

La edad media de presentación de la menopausia es de 49 años, mientras que la esperanza de vida se incrementa progresivamente hasta superar los 80 años, de aquí que una mujer pasa más de 1/3 de su vida en condición de posmenopausia. La edad es un factor de riesgo independiente para la osteoporosis, en el envejecimiento se produce una menor absorción intestinal de calcio y carencia de vitamina D, ambos fundamentales para la salud ósea. La reducción de la fuerza y la potencia muscular, el envejecimiento del sistema somato-sensorial y el motor, tienen repercusiones funcionales tales como la disminución de la velocidad de la marcha, la pérdida de velocidad de reacción y un aumento del riesgo de caídas.

El tratamiento de primera línea utilizado en la actualidad es el farmacológico que, aunque es efectivo, su uso a largo plazo tiene efectos adversos para la salud como: la osteonecrosis de mandíbula, la fibrilación auricular, cáncer de esófago y dolor óseo entre otros. Además, conlleva un alto costo para la salud y presenta problemas de adhesión al tratamiento. No obstante, un estudio realizado en Australia entre 2018 y 2020 denominado MEDEX-O reveló que la ingesta de medicamento óseo antirresortiva, combinado con el entrenamiento de alta intensidad e impacto (HIRIT) puede mejorar los efectos del ejercicio, este hallazgo es de gran importancia, puesto que abre la posibilidad de maximizar el tratamiento combinando la farmacología con la terapia física, que es de incumbencia kinesiológica; aunque estos datos son preliminares y se necesita seguir investigando.

Por lo que el estilo de vida, factor de riesgo modificable, es fundamental para preservar la masa ósea; engloba aspectos tales como la dieta, los hábitos tóxicos y la actividad física. Se conoce que el sedentarismo acelera el proceso de envejecimiento, por lo cual, la actividad física, junto con los suplementos diarios de calcio y Vitamina D son dos pilares primordiales para la prevención y tratamiento de la osteoporosis. Luego de la revisión llevada a cabo en este trabajo de investigación es posible arrojar algunas conclusiones científicamente fundadas que sugieren que un entrenamiento multicomponente de resistencia y alto impacto brindan resultados positivos,

principalmente en la DMO de columna lumbar. Además de mostrar índices de mejoras en DMO de cuello femoral, la densidad ósea volumétrica y todas las medidas de rendimiento funcional, mejoró los índices de fuerza ósea del fémur proximal, mientras que un entrenamiento de baja intensidad fue en gran medida ineficaz. Que el ejercicio regular de salto aumentó el número trabecular de la tibia distal. Hallazgos que se suman a la creciente evidencia de que el ejercicio de alta intensidad e impacto provoca una mayor respuesta osteogénica que el de menor intensidad. No obstante, no se observó ningún efecto en cadera total. En cuanto a los eventos adversos, un estudio de 8 meses de duración informó un caso de espasmo lumbar menor, el cual hizo perder 2/70 sesiones de entrenamiento; y otro estudio de 18 meses que reportó 59 caídas en 36 participantes con el saldo de una fractura de muñeca. Estos resultados sugieren un riesgo relativamente menor de fracturas que la percepción que se tenía antes de la investigación e inducen a considerar a estos tipos de ejercicios como una herramienta viable para la prevención y tratamiento de la osteoporosis, aunque, cabe destacar que el nivel de evidencia de los artículos se clasificó como bajo, debido tanto al riesgo de sesgo, cómo a que la muestra de participantes fue muy heterogénea, por lo que se necesita que las futuras investigaciones incluyan un ECA con un tamaño de muestra lo suficientemente grande para permitir un análisis de tipos de participantes específicos y una intervención HIRIT más estandarizada, por lo que se requiere tener cautela en la implementación de estos ejercicios y se necesita seguir investigando para conseguir los ejercicios correctos para cada paciente y conocer la dosis-respuesta que permita una correcta planificación de entrenamiento destinado a mejorar la masa ósea y reducir el riesgo de osteoporosis, ya que aún no es posible realizar recomendaciones específicas con respecto a la intensidad óptima del tratamiento con ejercicios. En el cual el rol y la participación del Kinesiólogo en la elaboración de nuevas estrategias y la dosificación de los ejercicios HIRIT es fundamental.

IX. Referencias Bibliográficas:

1. Torres Jimenez, Ana Paola & Torres Rincon JM. Climaterio y menopausia. Rev la Fac Med la UNAM. 2018;61:51–8.
2. National institute of health. Consensus Development Panel osteoporosis prevention, Diagnosis and Therapy. In 2001.
3. Salica D, Buceta A, Palacios S, Sanchez A. Consenso Iberoamericano de Osteoporosis. . Rev Arg Osteol. 2010;9:4–44.
4. Harvey N, Earl S, Cooper C. , The epidemiology of osteoporotic fractures. 6a ed. Founding FM, editor. American Society for Bone and Mineral Research. 2006. 244–248 p.
5. Spivacow F, Sanchez A. Epidemiología y Costos financieros de la Osteoporosis en Argentina. Actual osteol. 2010;6(3):184–93.
6. Pinheiro MB, Oliveira J, Bauman A, Fairhall N, Kwok W, Sherrington C. Evidence on physical activity and osteoporosis prevention for people aged 65+ years: a systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Vol. 17, International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2020.
7. Incarbone O, Ferrante D, Bazan N, González G, Barengo N, Konfino J. Manual director de Actividad Física y Salud de la República Argentina. Igarss 2014. 2012;(1):118.
8. Moore K, Dalley AF. Anatomía con Orientación Clínica. Ed.Médica. 2009.
9. Jesús C, Macias G, Medicina D De, Hospital I. Fisiopatología de la osteoporosis y mecanismo de acción de la PTH. 2010;2(Supl 2):5–17.
10. Guyton AG, Hall JE. Fisiología Médica. 12a ed. España;
11. Armas L, Recker R. Pathophysiology of osteoporosis: new mechanistic insights. Endocrinol. Endocrinology and metabolism Clinics; 2012. 475–486 p.
12. Hermoso de Mendoza M. Clasificación de la osteoporosis. Factores de Riesgo. Clínica y diagnóstico diferencial. Navarra; 2003.
13. J MC, Fuentealba C, Juan P, Weitz C. Osteoporosis . Parte I - Generalidades. 2017;28:16–24.

14. Pietschmann P. Principios de investigación sobre huesos y articulaciones. Springer Internacional Publishing. Cham, Suiza; 2017.
15. Diaz Curiel M, Garcia J, Carrasco J. Prevalencia de la osteoporosis determinada por densitometría ósea en la población femenina española. *Med Clin (Barc)*. 2001;116(3):86–8.
16. Cordain L, Gotshall RW, Eaton SB. Evolutionary aspects of exercise. *World Rev Nutr Diet*. 1997;81(February):49–60.
17. Caspersen C, Powell K, Christenson G. Physical activity, exercise and physical fitness: definition and distinctions for health-related research. *Public Heal Rep*. 1985;
18. Howley E. Tipo de Actividad: resistencia, aeróbica y ocio versus actividad física ocupacional. *Med ciencia Ejerc Deport*. 2001;33(6):S364–9.
19. Giannuzzi P, Mezzani A, Saner H, BjärfÅrnrstad H, Fioretti P, Mendes M, et al. Physical activity for primary and secondary prevention. Position paper of the Working Group on Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2003;10(5):319–27.
20. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(8):1423–34.
21. Higaki Y, Hirshman MF, Fujii N, Goodyear LJ. Nitric oxide increases glucose uptake through a mechanism that is distinct from the insulin and contraction pathways in rat skeletal muscle. *Diabetes*. 2001;50(2):241–7.
22. Rominjn J, Coyle E, Sidosis L, Rosenblatt J. Metabolismo de sustratos durante diferentes intensidades de ejercicio en mujeres entrenadas en resistencia. *J Appl Physiol*. 2000;1707–14.
23. England TN. FOR EXERCISE TESTING. 2002;346(11):793–801.
24. Géoffroy Agbélélé C, Prohías Martínez JA, Ángela Castro Arca DM, Mérida Álvarez Ricardo García Hernández OA. Sociedad Cubana de Cardiología Adaptaciones morfofuncionales evaluadas por ecocardiograma en deportistas masculinos de élite en triatlón. *Ernesto Che Guevara*. 2014;6(2):167.
25. Kurata K, Uemura T, Nemoto A, Tateishi T, Murakami T, Higaki H, et al.

- Mechanical strain effect on bone-resorbing activity and messenger RNA expressions of marker enzymes in isolated osteoclast culture. *J Bone Miner Res.* 2001;16(4):722–30.
26. Yokota H, Leong D, Sun H. Carga Mecánica: Remodelación Ósea Y Mantenimiento del Cartílago. *Curr Osteoporos Rep.* 2011;9:237–42.
27. Tinetti ME. Prevención de caídas en personas mayores. *N Engl J Med.* 2003;348:42–9.
28. Itoi E, Sinaki M. Effect of back-strengthening exercise on posture in healthy women 49 to 65 years of age. *Mayo Clin Proc.* 1994;69 (11):1054–9.
29. Gregg E, Cauley J, Seeley D, Ensrud K, Bauer D. . Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann Intern Med.* 1998;129(2):81–8.
30. Mosekilde L. Osteoporosis and exercise. *Bone.* 1995;17(3):193–5.
31. Wilmore J. El Envejecimiento del hueso y el Músculo. *Clin Med Sport.* 1991;145–261.
32. Martínez JM, Jordán ORC, Laín SA, Navarro ÁL. Niveles de actividad física medido con acelerómetro en alumnos de 3º ciclo de Educación Primaria: Actividad física diaria y sesiones de Educación Física. *Rev Psicol del Deporte.* 2012;21(1):117–23.
33. Gonzalez Badillo JJ, Gorostiaga Ayesterán E. Fundamentos del Entrenamiento de Fuerza. INDE, editor. Madrid; 2002. 44–55 p.
34. Kitagawa T, Hiraya K, Denda T YS. A comparison of different exercise intensities for improving bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. *Bone.* 2022.
35. Sanchez Bañuelos F. Didáctica de la Educación Física y Deporte. Gymnos. Madrid; 1984.
36. Seirul F. Apuntes de Educación Física de Base. In: INEF. Barcelona; 1986.
37. Sozen T, Ozisik L, Basaran NC. Una Visión General y el Tratamiento de Osteoporosis. *Eur J Rheumatol.* 2017;4:46–56.
38. Pinzón Rios I. Rol del fisioterapeuta en la prescripción del ejercicio. *Arch Med.* 2014;129–43.

39. Pellikaan P, Giarmatzis G, Vander Sloten J, Verschueren S, Jonkers I. Ranking of Osteogenic Potencial of Physical Exercise in Postmenopausal Women Based on Femoral Necks Strains. *Plos one*. 2018;13(4).
40. 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;33(2):211–20.
41. Kistler-Fischbacher M, Weeks BK, Beck BR. The Effect of Exercise Intensity on Bone in Postmenopausal Women. *Bone*. 2021;143.
42. Hettchen M, von Stengel S, Kohl M, Murphy MH, Shojaa M, Ghasemikaram M, et al. Changes in menopausal risk factors in early postmenopausal osteopenic women after 13 months of high-intensity exercise: The randomized controlled ACTLIFE-RCT. *Clin Interv Aging*. 2021;16:83–96.
43. Kistler-Fischbacher M, Yong J, Weeks BK. High-Intensity Exercise and Geometric Indices of Hip Bone Strength in Postmenopausal Women on or off Bone Medication: The MEDEX-OP randomised Controlled Trial. *Calcif Tissue Int*. 2022;12.
44. Hartley C, Folland J, Kerlake R, Brooke-Warvell K. High Impact Exercise Increased Femoral Neck Bone Density With no Adverse Effects on imagin Markers of Knee Osteoarthritis in Postmenopausal Women. *Bone Miner Res*. 2020;35(1):53–63.
45. Yu P, Hsu W, Hsu W, Kuo L, Lin Z, Shen, WJ Hsu R. The Effect of High Impact Exercise Intervention on Bone Mineral Density, Physical Fitness and Quality of Life in Postmenopausal Women With Osteopenia. *Med Balt*. 2019;98(11).
46. Multanen J, Nieminen MT, Häkkinen A, Kujala UM, Jämsä T, Kautiainen H, et al. Effects of high-impact training on bone and articular cartilage: 12-month randomized controlled quantitative MRI study. *J Bone Miner Res*. 2014;29(1):192–201.
47. Mcmillan L, Ng C, Humbert L. Feasibility Safety and Effectiveness of a pilot 16 Week Home based, Impact Exercise Intervention in Postmenopausal Women with low bone mineral density. *Osteoporos Int*. 2020;32:893–905.