



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA PLATAFORMA VIBRATORIA EN EL TRATAMIENTO DE OSTEOPOROSIS TIPO 1 EN PACIENTES FEMENINAS POSTMENOPÁUSICAS DE ENTRE 50 A 60 AÑOS



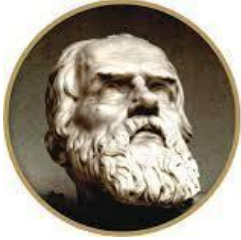
Que Presenta

Erick Javier Barrios Gordillo

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2023.





Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA PLATAFORMA VIBRATORIA EN EL TRATAMIENTO DE LA OSTEOPOROSIS TIPO 1 EN PACIENTES FEMENINAS POSTMENOPÁUSICAS DE ENTRE 50 A 60 AÑOS



Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

Erick Javier Barrios Gordillo

Ponente

LFT. Cinthya Semiramis Pichardo Torres

Director de Tesis

Lic. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	Erick Javier Barrios Gordillo
Director de Tesis	LFT. Cinthya Semiramis Pichardo Torres
Asesor Metodológico	Lic. María Isabel Díaz Sabán



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2023

Estimado alumno:
Erick Javier Barrios Gordillo

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarlo y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

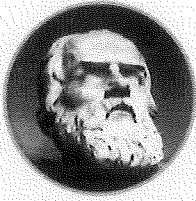
Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Flor de María Molina
Ortiz
Secretario

Lic. Haly Guadalupe
Cristina Caxaj
Interiano
Presidente

Lic. Lidia Marisol de
León Sinay
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 29 de noviembre 2021

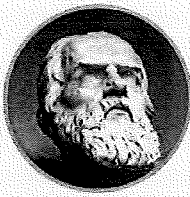
Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que el alumno **Erick Javier Barrios Gordillo** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 26 de noviembre 2021

Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo
Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años”** del alumno **Erick Javier Barrios Gordillo**.

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, el autor y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente

Lic. Lidia Marisol de León Sinay
Asesor de tesis
IPETH – Guatemala

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA
DIRECTOR DE TESINA**

Nombre del Director: LFT. Cinthya Semiramis Pichardo Torres
Nombre del Estudiante: Erick Javier Barrios Gordillo
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de la osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años.
Fecha de realización: Otoño 2021

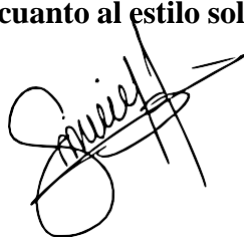
Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	X		
2.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	X		
3.	La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.	X		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	X		
5.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	X		
6.	Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado.	X		
7.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	X		
8.	El planteamiento es claro y preciso, claramente en qué consiste su problema.	X		
9.	La pregunta es pertinente a la investigación realizada.	X		
10.	Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.	X		
11.	Sus objetivos fueron verificados.	X		
12.	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	X		

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	X		
14.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	X		
15.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	X		
16.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	X		
17.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	X		
18.	El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.	X		
19.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	X		
20.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	X		
21.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



LFT. Cinthya Semiramis Pichardo Torres

Nombre y Firma Del Director de Tesina



**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA
ASESOR METODOLÓGICO**

Nombre del Asesor: Lic.María Isabel Díaz Saban
Nombre del Estudiante: Erick Javier Barrios Gordillo
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años
Fecha de realización: Otoño 2021

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a evaluar	Registro de cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Formato de Página			
a.	Hoja tamaño carta.	x		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	x		
c.	Margen izquierdo a 3.0 cm.	X		
d.	Orientación vertical excepto gráficos.	X		
e.	Paginación correcta.	X		
f.	Números romanos en minúsculas.	X		
g.	Página de cada capítulo sin paginación.	x		
h.	Todos los títulos se encuentran escritos de forma correcta.	X		
i.	Times New Roman (Tamaño 12).	x		
j.	Color fuente negro.	x		
k.	Estilo fuente normal.	x		
l.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	x		
m.	Texto alineado a la izquierda.	X		
n.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
o.	Interlineado a 2.0	X		
p.	Resumen sin sangrías.	x		
2.	Formato Redacción			
a.	Sin faltas ortográficas.	x		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	x		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y mesurado.	x		
d.	Continuidad en los párrafos.	x		
e.	Párrafos con estructura correcta.	x		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	x		
g.	Correcta escritura numérica.	x		

h.	Oraciones completas.	X		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
l	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
m.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
n.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
3.	Formato de Cita	Si	No	Observaciones
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	X		
4.	Formato referencias	Si	No	Observaciones
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
5.	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones
a.	Agrupó, organizó y comunicó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
b.	Las fuentes consultadas fueron las correctas y de confianza.	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	X		
d.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
e.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
f.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
g.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	X		
h.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	X		
i.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	X		
j.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
k.	El estudiante conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Lic. María Isabel Díaz Saban

Nombre y Firma del Asesor Metodológico

DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 29 del mes de noviembre del año 2021.

Acepto la entrega de mi Título Profesional, tal y como aparece en el presente formato.

Los C.C

Director de Tesina

Función

LFT. Cinthya Semiramis Pichardo Torres

Asesor Metodológico

Función

Lic. María Isabel Díaz

Coordinador de Titulación

Función

Lic. Diego Estuardo Jimenez Rosales

Autorizan la tesina con el nombre de:

Revisión bibliográfica de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de La osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años

Realizada por el estudiante:

Erick Javier Barrios Gordillo

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título y Cédula Profesional como Licenciado en Fisioterapia.



IPETH®
 Titulación Campus Guatemala
 Firma y Sello de Coordinación de Titulación

Dedicatoria

Dedico esta investigación a la memoria de mi abuela Leila Teresa Barrios, que Dios la guarde en su reino lleno de felicidad, que con sus enseñanzas y su amor fui capaz de construir mi voluntad y fortaleza para afrontar las adversidades de la vida. También a mi familia que han estado para apoyarme en cada momento de mi recorrido por mi vida universitaria, en especial a mi tío en los Estados Unidos que a pesar de las dificultades financieras fue capaz de proporcionarme la oportunidad de tener la educación para convertirme en un licenciado en fisioterapia y finalmente a mi madre que ha sido el sostén de mi estabilidad mental a lo largo de la carrera y en esta investigación.

Erick Javier Barrios Gordillo

Agradecimientos

Principalmente, le agradezco a Dios por la oportunidad de mi existencia y salud hasta el día de hoy y la bendición de tener una familia que me ha apoyado a lo largo de mi vida de distintas formas, en especial a mi tío Oscar Barrios por ser mi inspiración para ayudar a las personas. A mi mamá por su dedicación en mi crianza y su apoyo en mis decisiones que me han guiado hasta donde estoy. Agradezco a mi tío Cesar Barrios que me proporciono la oportunidad y darme su apoyo tanto emocional como financiero, para tener una educación universitaria en la mejor universidad de fisioterapia, IPETH. Agradezco a todos los profesionales que formaron parte de mi educación a lo largo de mi estancia como estudiante IPETH por formarme un carácter y orientación en el área personal y laboral. Finalmente, agradezco a mi directora de tesis y mi asesora metodológica que me guiaron en mi proceso final de titulación.

Erick Javier Barrios Gordillo

Palabras clave

Plataforma vibratoria

Osteoporosis postmenopáusica

Osteoporosis

Vibración

Vibración de cuerpo completo

Osteopenia

Hueso

Estructura ósea

Remodelado óseo

Tratamiento fisioterapéutico

Índice

Portadilla.....	i
Investigadores responsables	ii
Carta de aprobación de examen privado.....	iii
Carta de aprobación del revisor	iv
Carta de aprobación del asesor de tesis	v
Listas de cotejo	vi
Dictamen de tesis.....	x
Dedicatoria.....	xi
Agradecimientos	xii
Palabras clave	xiii
Resumen	1
Capítulo I.....	2
Marco teórico.....	2
1.1. Antecedentes generales	2
1.1.1. Descripción de la problemática	3
1.1.2. Descripción anatómica del esqueleto humano.....	4
1.1.3. Definición de la patología.....	12
1.1.4. Clasificación	12
1.1.5. Etiología.....	15
1.1.6. Epidemiología.....	16
1.1.7. Fisiopatología.	17
1.1.8. Factores de riesgo	20
1.1.9. Diagnóstico médico	22
1.2. Antecedentes específicos	23
1.2.1. Definición de la estimulación vibratoria	24
1.2.2. Fisiología de la estimulación vibratoria.....	25
1.2.3. Plataformas vibratorias	27
1.2.4. Aplicación fisioterapéutica	29
Capítulo II.....	32
Planteamiento del problema	32
2.1. Planteamiento del problema.....	33

2.2.	Justificación	34
2.3.	Objetivos.....	37
2.3.1.	Objetivo general.	37
2.3.2.	Objetivos particulares	37
Capítulo III	.....	38
Marco metodológico.....	.....	38
3.1.	Materiales.....	38
3.2.	Métodos	39
3.2.1.	Enfoque de investigación.....	40
3.2.2.	Tipo de estudio	41
3.2.3.	Método de estudio	41
3.2.4.	Diseño de investigación.....	42
3.2.5.	Criterios de selección.....	42
3.3.	Variables	43
3.3.1.	Variable independiente	43
3.3.2.	Variable dependiente	44
3.3.3.	Operacionalización de variables	44
Capítulo IV	.....	45
Resultados.....	.....	45
4.1.	Resultados	45
4.2.	Discusión	53
4.3.	Conclusiones	54
4.4.	Perspectivas y/o aplicaciones prácticas	56
Referencias	.....	57
Anexos.....	.....	62

Índice de Tablas

Tabla 1 Características diferenciales de los dos tipos de osteoporosis involutiva.....	13
Tabla 2 Causas de osteoporosis secundaria.....	15
Tabla 3 Resumen de factores de riesgo modificables y no modificables	21
Tabla 4 Dispositivos para medición de la densidad mineral ósea	22
Tabla 5 Principales receptores involucrados en la vibración y sus propiedades	25
Tabla 6 Tipos de plataformas vibratorias	27
Tabla 7 Frecuencias para el uso de la plataforma vibratoria	31
Tabla 8 Indicaciones y contraindicaciones de la plataforma vibratoria.....	31
Tabla 9 Fuentes consultadas.....	38
Tabla 10 Operacionalización de las variables	44

Índice de Figuras

Figura 1 Clasificación de los huesos según su forma.....	6
Figura 2 Estructura interna y externa del hueso largo	8
Figura 3 Curva carga-desplazamiento entre los dos tipos de hueso	10
Figura 4 Curvas carga-desplazamiento y esfuerzo-deformación	11
Figura 5 Ciclo de actividad celular en las unidades de remodelado óseo.....	19
Figura 6 Radiografía de paciente con osteoporosis	23
Figura 7 Posicionamiento del paciente en la plataforma vibratoria.....	29
Figura 8 Tipos de documentos utilizados en la investigación	39
Figura 9 Gráfico de pastel de uso de buscadores para artículos científicos	40

Resumen

La osteoporosis es la enfermedad metabólica ósea más común, caracterizada por disminución de la fuerza del hueso con el consiguiente aumento de la fragilidad ósea y susceptibilidad a fracturas. La plataforma vibratoria es una máquina novedosa donde se permanece en bipedestación transfiere aceleraciones en dirección vertical al sistema musculo esquelético. Esta puede crear efectos osteogénicos al cambiar el flujo de líquido de la médula ósea llega a generar una estimulación ósea.

Esta investigación describe los datos epidemiológicos de la osteoporosis tipo 1 en pacientes postmenopáusicas para fomentar a la patología como una problemática actual a nivel mundial. A su vez también indicando los parámetros de tratamiento utilizados en la plataforma vibratoria para generar cambios a nivel fisiológico en el sistema musculoesquelético. Finalmente, se busca identificar la funcionalidad de la plataforma vibratoria mediante la recopilación de los efectos fisiológicos sobre la osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años para incorporarla a un método de tratamiento fisioterapéutico.

La estimulación con vibración de cuerpo completo produce una mejora significativa en la DMO [2 a 5,5%] en cadera y columna vertebral comparado con los grupos de control y similitud de resultados con ejercicios de resistencia, produciendo también aumento de masa ósea en comparación a no hacer ningún tipo de tratamiento, un incremento en la fuerza muscular, mejor percepción articular, incremento del control postural y una mejor adherencia de los pacientes al utilizar la plataforma vibratoria.

Capítulo I

Marco teórico

Para el entendimiento de la patología y el método de tratamiento propuesto en esta investigación se describen los aspectos anatómicos, fisiológicos, epidemiológicos, etiológicos, y diagnósticos para tener una base de referencia a la problemática dando mayor información de los orígenes de la osteoporosis postmenopáusica y la aplicación de la plataforma vibratoria como método fisioterapéutico para la reducción de la pérdida de la densidad mineral ósea, con la aplicación de vibración de cuerpo completo para una transmisión del impulso beneficioso que puede llegar a considerar a este tipo de intervención apropiada para adultos mayores, principalmente en mujeres que cursen con cualquier tipo de padecimiento óseo.

1.1. Antecedentes generales

El consenso del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos de Norteamérica dio la definición de osteoporosis como un desorden óseo, pero hoy en día se conoce como una patología sistemática que se caracteriza por la exposición del hueso a fracturas de bajo impacto por la reducción de la masa y calidad ósea. De forma operativa se usa la densitometría ósea como estándar de definición de la osteoporosis. La Organización Mundial de la Salud [OMS] tiene la consideración de osteoporosis cuando la densidad mineral ósea es menos o igual a un T-score de -2,5 (Sotelo y Calvo, 2011).

1.1.1. Descripción de la problemática.

Es importante el considerar la crítica de la OMS para determinar la epidemiología de la osteoporosis y no aplicarlo de forma aislada o para realizar tratamiento preventivo y medidas terapéuticas. Aunque no es la ideal, la definición de osteoporosis a través de la Densidad Mineral Ósea [DMO] es la más válida, ya que se considera la fuerte asociación entre el riesgo de la DMO con el de riesgo de fracturas. Los estudios prospectivos visualizan la disminución de una desviación estándar en la densidad mineral ósea aumenta el riesgo de fractura entre un 50% a un 160% (Díaz, 2018).

La densidad mineral ósea es vista comúnmente como el mayor factor para el pronóstico de fragilidad ósea; la disminución de una desviación estándar [cerca de 10% de la desviación inicial] aumenta al doble el riesgo de fractura. Cuando la densidad mineral ósea está en un valor entre 1 y 2.5 desviaciones estándar por debajo de la media de referencia del adulto joven se define como osteopenia y osteoporosis es cuando la densidad mineral ósea es más de 2.5 desviaciones estándar por debajo del valor de referencia. Si ocurren fracturas óseas por fragilidad se refiere a una osteoporosis severa o grave. (Mendoza, et. al., 2014)

La osteoporosis se manifiesta en un ámbito clínico desde la pérdida de material óseo de forma asintomática hasta las fracturas vertebrales, de cadera y de múltiples otros huesos; lo cual culmina de forma negativa en el área sanitaria y en la calidad de vida de las personas reduciendo su expectativa de vida concluyendo en incapacidad, y en la sociedad por la gran carga económica que conlleva (Sotelo y Calvo, 2011).

Existen diferencias entre las etnias y el sexo en la densidad ósea y en la incidencia de fracturas osteoporóticas: La población femenina tiene una menor densidad

ósea que los hombres de la misma raza y luego de la menopausia, la incidencia de fracturas es de dos a tres veces mayor. Las mujeres de raza blanca caucásica poseen un mayor número de apariciones de fracturas que las de raza hispana o la afroamericana (Baldeón, 2013).

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, una mayor edad y la menopausia son los principales factores de riesgo de padecer osteoporosis. La OMS da una definición de la menopausia como el fin de las menstruaciones a partir del cese de la actividad cíclica folicular propia de los ovarios, junto con seis meses seguidos de ausencia de períodos menstruales. La menopausia es un proceso que acompaña el envejecimiento de las mujeres que viven entre los 40 y 58 años de edad; en el lugar y tiempo actual es de entre 49 y 51 años. (Rosales, et. al., 2014).

El carácter de la osteoporosis postmenopáusica como patología multifactorial, es que las pacientes son atendidas por diferentes especialistas, para cumplir como un equipo multidisciplinario conformado por: reumatólogo, ginecólogo, traumatólogo, fisioterapeuta, internista y endocrinólogo. Existe alta posibilidad de ser tratadas mayormente con un tratamiento de calcio y vitamina D por un período determinado y al no experimentar ninguna respuesta progresiva, la integración de otros especialistas se ve requerida para la atención de las mujeres que padecen la enfermedad. (Guzmán, et. al., 2018).

1.1.2. Descripción anatómica del esqueleto humano

Según Latarjet y Ruiz en 2013 describen que el esqueleto humano se divide en dos: a) esqueleto axial [conjunto cráneovertebral] b) esqueleto apendicular [conjunto de las cinturas y extremidades]. En un adulto normal posee un conjunto de 208 huesos sin

inclusión de los huesos sesamoideos y los sutúrales [huesos del cráneo] los cuales están divididos a lo largo del esqueleto humano y se dividen en tres formas principales:

- I) Huesos largos: Predominan en la longitud por encima del espesor y el ancho. Constan de dos partes de cuerpo o diáfisis y dos extremos o epífisis.
 - a) Huesos alargados. Parecidos de alguna manera a una variedad de huesos largos, pero con una menor longitud [clavícula, metacarpianos]
 - b) Huesos arqueados. Tiene una adaptación funcional y se presentan incurvados sobre su eje como en las costillas o en herradura como el hueso hioides.
- II) Huesos cortos: Volumen restringido y sus 3 ejes son semejantes. Tienen formas muy variables.
 - a) Huesos radiados. De cuerpo medianamente voluminoso con prolongaciones a los lados [alas] y son simétricas [vertebras].
 - b) Huesos con cavidades neumáticas. Algunos huesos presentan cavidades más voluminosas en comparación al tejido esponjoso. Pueden tener dimensiones menores y comúnmente conocidos como celdas y cuando adquieren un tamaño mayor se conocen como senos.
- III) Huesos planos: Espesor reducido pero con predominancia en longitud y anchura pudiendo formar grandes paredes de inserciones musculares.
- IV) Huesos sesamoideos: Se conocen con ese nombre por sus dimensiones menores y son anexos a un tendón o ligamento articulándose con un hueso cercano utilizándolo como sostén o

soporte y generalmente no están soldados a este mismo. La rótula está situada en el tendón de cuádriceps, por lo cual es considerada en este tipo de hueso, pero generalmente estos huesos no se osifican como lo hace la rótula. (Latarjet y Ruiz, 2013).

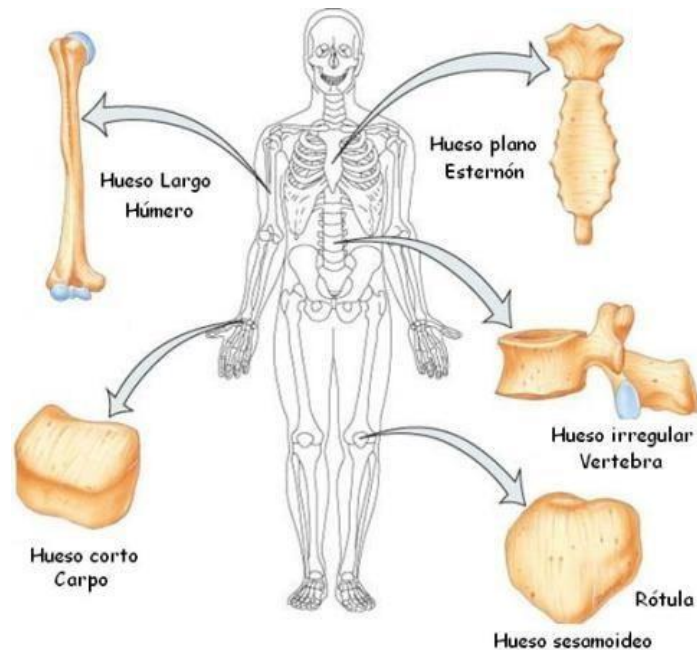


Figura 1 Clasificación de los huesos según su forma.

Fecha de consulta: 29/09/2012. Recuperado de:

<https://blogantanomiagrupo5.wordpress.com/2016/11/01/clasificacion-de-los-huesos/amp/>

1.1.2.1. Histología del hueso. El hueso se divide en dos tipos según su integración microscópica:

1.1.2.1.1. Hueso compacto o cortical. Es una capa externa, dura y compacta constituida por células óseas vivas. Este posee una matriz proteica, dispuesta en laminillas o lamelas que se encuentran alrededor de los canales de Havers que son diminutos conductos que contienen los vasos sanguíneos. Dentro de las laminillas hay cavidades diminutas que están ocupadas por osteocitos que tienen bastantes prolongaciones protoplasmáticas que están conectadas entre sí y junto con los vasos sanguíneos por canales pequeños (Barone, et. al. 2000).

El hueso compacto se encuentra envuelto por una membrana de tejido fibroso llamada periostio la cuál protege la diáfisis del hueso y está sujeta por medio de fibras perforantes o de Sharpey. En la epífisis el hueso es recubierto por cartílago articular en vez de periostio, está compuesto de hialina que le da consistencia lisa y proporciona una superficie suave y resbaladiza que reduce la fricción en las superficies articulares (Marieb, 2009).

1.1.2.1.2. Hueso esponjoso o trabecular. Es la capa interna y es rica en células óseas y presenta cavidades ocupadas por una densa red de vasos sanguíneos y grasa que conforman los espacios donde se encuentra la médula ósea, la cuál es una sustancia blanda en la que se originan las células sanguíneas (Barone, et. al. 2000).

El hueso esponjoso está conectado mediante pasarelas por donde pasan los nervios y los vasos sanguíneos que proporcionan nutrientes a las células óseas y también funcionan como vía para eliminación de desechos. Los osteocitos se encuentran en diminutas cavidades llamadas lagunas las cuales se originan en círculos de laminillas que rodean los canales centrales [de Havers]. Cada complejo de anillos entre el canal central y la matriz se denomina como osteón [o sistema de Havers]. Los canales centrales recorren longitudinalmente al hueso. Los canales pequeños [canalículos] se irradian hacia afuera comunicándose con los canales perforantes [de Volkmann] del hueso compacto que recorren al hueso compacto hasta la diáfisis (Marieb, 2009).

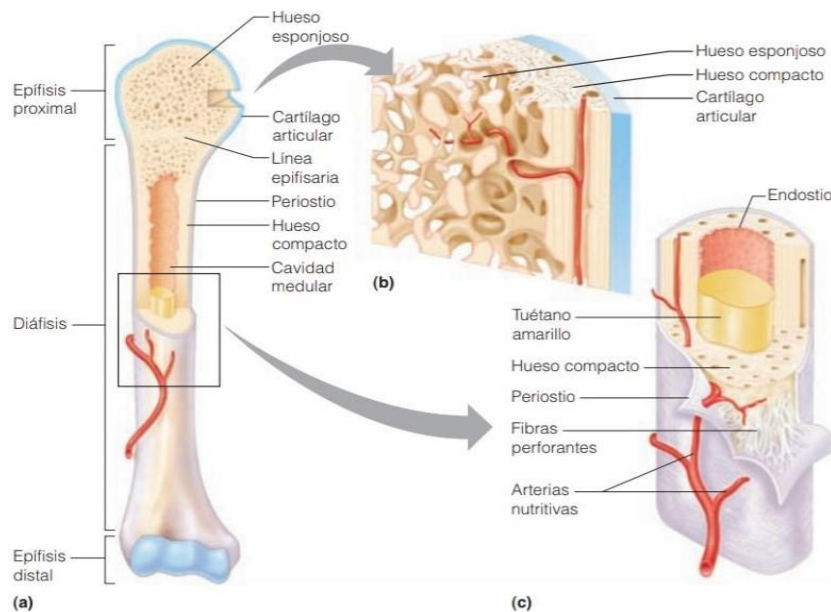


Figura 2 Estructura interna y externa del hueso largo
 a) Vista anterior con un corte longitudinal b) Vista tridimensional en forma de cuña del hueso esponjoso y del hueso compacto de la epífisis. c) Sección transversal de la diáfisis (Marieb, 2009)

1.1.2.2. **Medula ósea roja y amarilla.** Para los autores de Tortora y

Derrickson, en 2006 se describe que estas sustancias se encuentran del hueso esponjoso y tienen distintas funciones las cuales pueden ser:

1.1.2.2.1. *Producción de células sanguíneas.* Dentro de la mayoría de los huesos se encuentra el tejido conectivo conocido como médula ósea roja la cuál es la que produce glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas por el proceso llamado hematopoyesis [denominado del latín cuya definición es formación de sangre]. La médula ósea roja está conformada de células sanguíneas en desarrollo como los adipocitos, fibroblastos y macrófagos dentro del tejido de sostén [estroma] formado por fibras reticulares. Se localiza en los huesos en desarrollo del feto y en algunos huesos en el adulto como la pelvis, las costillas, el esternón, las vértebras, el cráneo y los extremos de los huesos largos del brazo y el muslo.

1.1.2.2.2. *Almacenamiento de triglicéridos.* La médula ósea amarilla está constituida principalmente por adipocitos, los cuáles funcionan como almacén de

triglicéridos. Estos sirven como reserva potencial de energía química y se encuentra dentro de la cavidad medular dentro de la diáfisis en los adultos (Tortora y Derrickson, 2006).

1.1.2.3. Biomecánica del hueso. El tejido óseo puede ser considerado como un material compuesto de dos fases [bifásico], como el mineral como una fase y el colágeno y la sustancia fundamental como la otra. Estos están compuestos por elementos fuertes y vidriados introducidos sobre un material más débil y flexible. Funcionalmente las propiedades mecánicas del hueso son la fuerza y la rigidez y estas características pueden entenderse a través de su comportamiento bajo una carga, es decir, bajo la influencia de fuerzas aplicadas externamente, lo cual puede ocasionar una deformación o un cambio en las dimensiones de la estructura (Nordin y Frankel, 2004).

El hueso se puede examinar desde distintos niveles de organización, hablando histológicamente se dice que su organización de colágeno, sobre todo de tipo 1, representa la parte fundamental de la trama orgánica [90%] en cambio la hidroxipatita, constituida por cristales de fosfato de calcio, representa la parte fundamental de la trama inorgánica mineralizada. El 45% de mineralización del hueso se considera un valor óptimo. Si este valor disminuye, el hueso es demasiado flexible en carga y se rompe fácilmente, en cambio si la mineralización es muy alta, se vuelve quebradizo (Reina y Laffosse, 2014).

En la microestructura del hueso se integran el hueso cortical y el trabecular. El hueso trabecular es cuatro veces menos denso, diez veces menos rígido y cinco veces más elástico en comparación al hueso cortical. La organización de los osteones es una de las razones que explican la rigidez del hueso compacto. Todo depende de la organización de las fibras de colágeno calcificadas y organizadas en las laminillas para

formar la red haversiana. Las propiedades biomecánicas varían en función de la carga. (Reina y Laffosse, 2014).

1.1.2.3.1. Carga y desplazamiento. La carga o fuerza es un vector con una magnitud, dirección y punto de aplicación que al actuar sobre un cuerpo cambia su velocidad y se mide en newton [N] y se clasifican en compresión [cuando el objeto cambia de forma a un acortamiento del mismo], tracción o tensión [se manifiesta en alargamiento], corte o cizalla [si produce cizallamiento del objeto] y a menudo aparecen fuerzas de flexión [que producen curvatura en el objeto]. El desplazamiento que sufre un cuerpo sobre el cual se ejerce una fuerza que es proporcional a la magnitud de la misma dentro del límite elástico, pero no es la misma para todos los casos y todas las direcciones. Cuando se realiza un ensayo clínico sobre un objeto se obtiene una curva carga-desplazamiento, que define la deformación total del objeto en la dirección del desplazamiento (Guede, González y Caeiro, 2013).

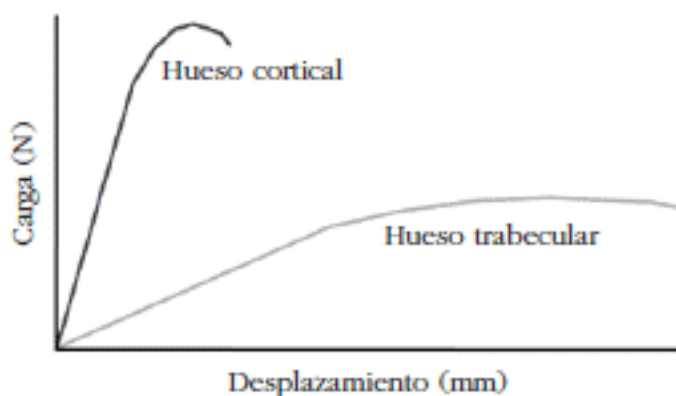


Figura 3 Curva carga-desplazamiento entre los dos tipos de hueso
Curva carga-desplazamiento del comportamiento biomecánico característico de los distintos tipos tisulares (Caeiro, González y Guede, 2013)

1.1.2.3.2. Esfuerzo y deformación. El esfuerzo es la resistencia interna de un objeto a una fuerza que actúa sobre él la cual se mide en pascales [Pa], en el hueso el intervalo se encuentra en millones de pascales [megapascuales, MPa]. La deformación es

para describir el comportamiento mecánico de los materiales y son los cambios en las dimensiones del objeto que fue sometido a una fuerza. En ocasiones, un cuerpo sometido a una fuerza es capaz de devolver toda la energía empleada para deformarlo [comportamiento elástico]. Sin embargo, algunas veces la deformación sufrida es irreversible [comportamiento plástico] (Guede, et. al. 2013).

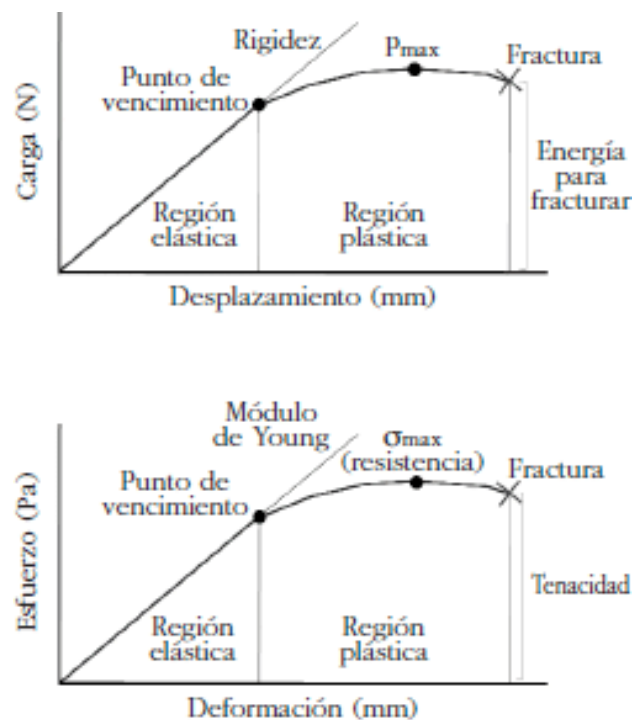


Figura 4 Curvas carga-desplazamiento y esfuerzo-deformación Principios biomecánicos empleados en la determinación de las propiedades mecánicas del hueso (Guede, González y Caeiro, 2013)

El hueso cortical de un adulto humano exhibe diferentes valores para la sollicitación sobre cargas compresivas, tensiles y en cizalla. El hueso compacto es capaz de soportar mayores cargas en compresión [aproximadamente 190MPa] que en tensión [aproximadamente 130 MPa] y mayor sollicitación en tensión en comparación a cizalla [70MPa]. La elasticidad o resistencia [módulo de Young] es aproximadamente de 17 GPa en carga longitudinal o axial y de 11 GPa e la carga transversal. Los valores se

reducen al hablar del hueso esponjoso debido a que su medición para la compresión son aproximadamente 50 MPa y reducen a aproximadamente 8 MPa si se carga en tensión. El módulo de elasticidad es bajo [0.0-0.4 GPa] dependiendo de la densidad trabecular y la dirección de la carga. En conclusión, biomecánicamente la dirección hacia el colapso con carga compresiva lleva a una fractura estable, al contrario, a una fractura por tensión o cizalla teniendo consecuencias catastróficas (Nordin y Frankel, 2004).

1.1.3. Definición de la patología

Se define como una patología del material óseo que se caracteriza por una disminución de la resistencia del mismo, que se debe a un déficit en la densidad mineral [cantidad] o a una alteración de la microarquitectura [calidad] del hueso, o ambas situaciones simultáneamente que proporciona un incremento de la fragilidad y una mayor predisposición a sufrir fracturas ante el menor traumatismo posible (Gallo, et. al., 2014).

1.1.4. Clasificación

En esta investigación se toma información respecto a Pérez y Pérez en 2004 sobre la clasificación de la osteoporosis siendo de dos tipos:

- I) Osteoporosis primaria o involutiva
- II) Osteoporosis secundaria.

1.1.4.1. Osteoporosis involutiva. Es la más frecuente y al que se hace mayor referencia cuando no se especifica otra cosa. Como se indica con su nombre, se produce como producto del transcurso de los años, especialmente en la mujer después de la menopausia, específicamente en las edades de entre 50 a 75 años [Osteoporosis postmenopáusica o tipo I] y tanto en la mujer como en el hombre en edades mayores por arriba de los 70 años [Osteoporosis senil o tipo II].

1.1.4.1.1. *Osteoporosis postmenopáusica o tipo I.* Se desarrolla en la mujer como consecuencia de la interrupción de la función ovárica, la pérdida de masa ósea se incrementa y afecta principalmente al hueso trabecular, siendo características las fracturas vertebrales por aplastamiento y de las extremidades en sus porciones distal en las superiores y en las porciones proximales en las inferiores.

1.1.4.1.2. *Osteoporosis senil o tipo II.* Esta se presenta en ambos sexos por igual como consecuencia de la pérdida de la cantidad y afectación de la calidad ósea que de forma progresiva tiene lugar con el pasar de los años. No están acelerada como la de tipo I pero afecta tanto al hueso trabecular como al hueso cortical, siendo caracterizada por fracturas de cadera y vértebras [cuñas múltiples].

Tabla 1 Características diferenciales de los dos tipos de osteoporosis involutiva

	Tipo I [Postmenopáusica]	Tipo II [Senil]
Edad [años]	50 - 75	>70
Sexo [M/V]	6/1	2/1
Hueso afectado	Trabecular	Trabecular y cortical
Velocidad de pérdida	Acelerada	No acelerada
Fracturas	Vértebras [aplastamiento] Distal antebrazo Vértebras [cuñas]	Cadera Húmero proximal
Función paratiroidea	Disminuida	Aumentada
Causa	Déficit de estrógenos	Envejecimiento

Tomado de Pérez y Pérez (2004) Características diferenciales propuestas y definidos por Riggs.

Las características diferenciales de estos dos tipos de osteoporosis involutiva, propuestos, se encuentran resumidas en la Tabla 1.

Es necesario resaltar, que en esta división en tipo I y II de la osteoporosis involutiva, aunque sea útil para la práctica clínica, no corresponden a dos procesos

independientes, sino que muestran distintos momentos de un proceso igual que evoluciona con el pasar de los años.

La mujer tiene una pérdida acelerada de masa ósea después de la menopausia, por lo cual es vulnerable a padecer frecuentemente una osteoporosis senil de 15 a 20 años antes que el varón. Además, actualmente el déficit estrogénico juega un papel no solamente de una pérdida rápida de masa ósea consiguiente a la menopausia sino también en la fase lenta de pérdida que sufren la mujer y el varón en edades bastante avanzadas.

1.1.4.2. Osteoporosis secundaria. Se utiliza tal denominación debido a que existe una causa capaz de producir la patología, independientemente de la menopausia o la edad. Las causas son bastante variadas, resaltando distintas enfermedades endocrinológicas o patologías del tejido conectivo, al igual que un síndrome de inmovilidad o uso de fármacos específicos como los glucocorticoides que aumenta la cifra de población con osteoporosis por sus largos periodos de toma del medicamento.

Para un médico internista es muy importante el conocer de la osteoporosis secundaria por el uso de glucocorticoides, por la elevada frecuencia y gravedad. Los glucocorticoides generan una disminución de la absorción intestinal de calcio y vitamina D e hiperparatiroidismo secundario, también con una menor actividad osteoblástica e incremento de acción osteoclástica, con la consecuencia perniciosa en el material ósea que compone al hueso (Pérez y Pérez, 2004).

Todas las posibles etiologías son descritas en la Tabla 2, siendo las causas más conocidas.

Tabla 2 Causas de osteoporosis secundaria

Endocrinopatías	<ul style="list-style-type: none"> • Hiperparatiroidismo • Hipertiroidismo • Hiper cortisolismo • Déficit GH 	<ul style="list-style-type: none"> • Diabetes mellitus tipo 1 • Hipogonadismo femenino • Hipogonadismo masculino
Enfermedades digestivas	<ul style="list-style-type: none"> • Síndromes de malabsorción • Gastrectomía subtotal • Cirrosis hepática/cirrosis biliar primaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Ictericia obstructiva crónica • Alactasia
Desórdenes hematológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Mieloma múltiple • Leucosis • Linfomas 	<ul style="list-style-type: none"> • Anemias • Hemolíticas • Mastocitosis sistémica
Conectivopatías	<ul style="list-style-type: none"> • Artritis reumatoide • Osteogénesis imperfecta • Síndrome de Marfan 	<ul style="list-style-type: none"> • Síndrome de Ehlers-Danlos • Homocistinuria
Drogas	<ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Heparina • Corticoides • Anticomociales • Ciclosporina 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiroxina • Análogos de GnRH • Quimoterápico • Litio • Diuréticos de asa
Alteraciones de la nutrición	<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de calcio y vitamina D • Dietas hiperproteicas • Cafeína 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Anorexia nerviosa
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Inmovilización • Hipercalciuria 	<ul style="list-style-type: none"> • Pos trasplante

Elaboración propia con información de Pérez y Pérez (2004) para proporcionar un resumen de todas las posibles causas de la patología.

1.1.5. Etiología

Intervienen varios factores que afectan tanto la calidad como la cantidad del hueso de los cuales se destacan:

- I) La morfología del hueso, debido a que hay una mayor susceptibilidad a fracturas cuando hay más longitud del eje de la cadera, el ángulo formado por el cuello y la diáfisis femoral es mayormente de forma obtusa, mayor anchura medial del cuello cervical, junto con presencia de vértebras pequeñas.

- II) Las propiedades de los materiales, por la pérdida de la conectividad entre las trabéculas y la matriz proteica originando mínima resistencia que en el adelgazamiento de las trabéculas.
- III) La capacidad reducida para la reparación de microfracturas y la masa ósea.
- IV) Relación con la densidad mineral ósea, a mayor masa ósea, menor propensión a fracturas (Navarro y Reyes, 2019).

1.1.6. Epidemiología.

En el mundo, la osteoporosis es padecida por 200 millones de mujeres, aproximadamente una décima parte de los 60 años y en Estados Unidos afecta a 20 millones de personas que se relacionan a 1.5 millones de fracturas cuyo costo anual es de un aproximado de 17 mil millones de dólares (Mendoza-Romo, et. al., 2014).

La prevalencia en Europa se estima entre el 17% y 23% en mujeres mayores de 50 años. Se puede presentar de forma asintomática, luego siendo diagnosticadas con una radiografía o examen de densitometría ósea (Díaz, 2018).

La prevalencia en Brasil varía constantemente dependiendo la metodología del estudio. Algunos estudios utilizan como diagnóstico de la osteoporosis información con respecto a la densitometría ósea y otros referidos por los pacientes. Además, dependiendo en la edad y las características del estudio representan una prevalencia de osteoporosis en mujeres brasileñas en una variante de entre 15% a 33% actualmente.

En México, la prevalencia es entre un 16% a un 19% en mujeres postmenopáusicas mayores de 40 años con riesgo de osteoporosis. Se observa, como consecuencia, un mayor número de fracturas por osteoporosis en inició de la quinta década de vida (Mendoza-Romo, et. al., 2014).

Se determina de una población femenina pre y postmenopáusicas en el área metropolitana de la capital de Guatemala una prevalencia de osteopenia de 34% y 39% de osteoporosis de 41% de osteopenia y osteoporosis de 36% en mujeres premenopáusicas y postmenopáusicas respectivamente (Baldeón, 2013).

Si se toma en cuenta que la población de más de 60 años aumenta un 1% por año, que la tasa de mortalidad consecuente con fracturas de cadera resulta un 20% más alta dentro del primer año, que un 10% de las mujeres pierden su independencia después de una fractura, que el 19% exige cuidados en casa, que menos del 50% vuelven a sus actividades de la vida diaria y que los costos directos e indirectos consecuentes de esta patología son muy elevados (Guzmán, et. al., 2018).

1.1.7. Fisiopatología.

La osteoporosis es el resultado de una alteración en la remodelación ósea que se debe a un desequilibrio entre la formación y la reabsorción ósea, con predominio de este último proceso, lo que conlleva a tanto la pérdida de masa ósea como en el desarrollo de alteraciones microestructurales en la llamada calidad ósea. La remodelación ósea es un proceso complejo que involucra varios factores mecánicos y humorales [hormonas]: PTH, calcitonina, vitamina D, hormonas sexuales, estrógenos, genes, andrógenos, hormonas tiroideas, hormonas de crecimiento y [corticosteroides], así como factores locales [IL-1, IL-6, TNF, M-CSF, RANKL, TGF, OPG, IGF, etc...] y células óseas: osteoblastos, osteoclastos y osteocitos. Las alteraciones en la remodelación ósea pueden conducir a un balance negativo de hueso que lleva a la pérdida ósea y el desarrollo de osteoporosis (Díaz, 2018).

1.1.7.1. Remodelado óseo. Dicho proceso se ve organizado por la unidad básica multicelular, integrada por las tres células principales:

1.1.7.1.1. Osteoblastos. Derivados de las células madre mesenquimales.

Poseen como función principal expresar proteínas constitutivas como fosfatasa alcalina y colágeno de tipo 1, lo que les permite sintetizar la matriz ósea. A su vez producen moléculas reguladoras, tales como la osteocalcina, osteopontina y osteonectina; también produce el ligando del receptor activador del factor nuclear $K\beta$ [RANKL] y osteoprotegerina [OPG].

1.1.7.1.2. Osteoclastos. Son las células mayormente especializadas que se derivan de los preosteoclastos y miembros del sistema mononuclear fagocítico. Su función es la resorción, es decir, la destrucción del tejido “viejo” o desgastado para su reemplazo posterior por material óseo nuevo que consecuentemente será mineralizado. Dicha acción la producen mediante la acidificación y proteólisis de los materiales de la matriz. Para cumplir con esta función, crean una zona de sellado, expresando moléculas de adherencia para aferrarse a los componentes de la matriz ósea a través de podosomas, prolongaciones de su propia membrana celular creados por reestructuración del citoesqueleto, que a su vez proveen movimiento por medio de la matriz. De forma local, la degradación se produce por mecanismo de acidificación y producción de enzimas líticas.

1.1.7.1.3. Osteocito. Algunas bibliografías no reconocen al osteocito como integración de la unidad básica multicelular; sin embargo, es de suma importancia mencionarlo debido a su relevancia que toma influencia en la regulación del proceso de remodelación ósea. El osteocito es la célula que forma la estructura del hueso, deriva de la diferenciación y mineralización de los osteoblastos; a pesar de lo anterior, no tiene capacidad alguna de secreción de matriz ósea, pero presenta propiedades mecanosensoras, también expresa el receptor de factor nuclear $K\beta$ en su membrana para la regulación del proceso de maduración de los osteoclastos (Esperanza, et. al.; 2016).

1.1.7.2. Sistema RANK/RANKL/OPG. Los osteoblastos son los que cumplen con la responsabilidad de sintetizar y mineralizar el osteoide y los osteoclastos de la resorción ósea. El remodelado óseo tiene 5 fases: a) Activación de la superficie ósea en reposo, pasando a ser una superficie de remodelado. b) Resorción de los osteoclastos creando erosiones en su superficie. c) Fase de acoplamiento de resorción y formación que necesita de la proliferación y diferenciación de precursores de osteoblastos acumulándose en las lagunas. d) Los osteoblastos producen osteoide y lo mineralizan creando nueva matriz ósea. e) Los osteoblastos se transforman en células inactivas en la superficie ósea y otros se transforman en osteocitos incorporándose en el hueso (Martínez, Luna y Peña, 2013).

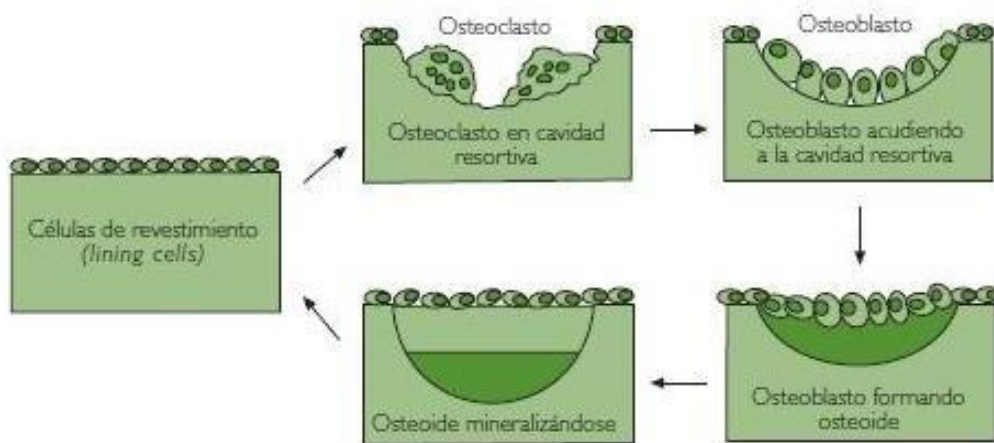


Figura 5 Ciclo de actividad celular en las unidades de remodelado óseo. Protocolos osteoporosis (Pérez y Pérez 2004).

El sistema RANKL/OPG dirige de manera equilibrada la actividad entre osteoclastos y osteoblastos, el RANKL_ al unirse a su receptor RANK, activa el proceso catabólico, a su vez la OPG no permite la activación del receptor, impidiendo el

proceso. Si predomina el RANKL aumentará la actividad resorptiva del osteoclasto y si predomina OPG esta actividad se verá disminuida (Martínez, Luna y Peña, 2013).

1.1.8. Factores de riesgo

Los factores de riesgo de osteoporosis son, entre otros: sexo femenino, menopausia, envejecimiento, ascendencia caucásica o asiática, antecedentes familiares, uso prolongado de ciertos medicamentos, ingesta elevada de sodio y proteínas, exceso de cafeína, tabaquismo, mala absorción intestinal, consumo excesivo de alcohol, ingesta escasa de calcio o defectos en su absorción, estilo de vida sedentario, inmovilización prolongada y delgadez extrema. (Mendoza-Romo, M.; et. al. 2014).

1.1.8.1. Factores de riesgo predictores de baja masa ósea. Según Abizanda, Carbonell y Triguero en 2004 son los que facilitan un pronóstico respecto al padecimiento de la patología y ayudan a dar una idea de las posibles causas de la alteración de la fisiología correcta de la renovación ósea. Estos pueden ser:

1.1.8.1.1. No modificables.

- La edad. En la edad adulta empieza la disminución progresiva de masa ósea. En mujeres se ve aumentada en los primeros diez años postmenopausia.
- El sexo. Las mujeres son más vulnerables por un menor tamaño de los huesos y el pico de masa ósea es menor al de los hombres.
- La raza. La población femenina de raza blanca tiene 2,5 veces mayor riesgo de presentar osteoporosis.
- Genética. El pico de masa ósea se determina en un 70 a 80% genéticamente.

1.1.8.1.2. Factores modificables:

- Peso. El bajo peso, el Índice de Masa Corporal [IMC] inferior a 19 junto con la pérdida de peso en la adultez joven de una baja mineralización ósea.

- **Tabaquismo.** El tabaco tiene efecto directo en el hueso y también influye sobre los niveles de hormonas en el proceso de remodelación ósea.
- **Hipogonadismo.** Los efectos de déficit estrogénico se relacionan a un incremento de la tasa de pérdida de masa ósea. Esto genera a su vez una menopausia precoz, menopausia quirúrgica o pérdida de períodos menstruales antes de la menopausia.
- **Alimentación-dieta.** Trastornos alimenticios como la bulimia o la anorexia llegan a ocasionar malnutrición incrementando en adolescentes y mujeres jóvenes la pérdida de masa ósea impidiendo a su vez alcanzar su pico de masa ósea.
- **Ejercicio físico.** La práctica de ejercicio habitual y programas de entrenamiento reducen la pérdida de masa ósea y generan una mayor respuesta de reacción ante caídas.
- **Enfermedades y fármacos osteopenizantes.** Determinadas patologías reumáticas o patologías endocrínicas, como hipercortisolismo y diabetes se asocian a una disminución de la densidad ósea a su vez también el consumo de fármacos como, glucocorticoides se reflejan en una pérdida de masa ósea (Abizanda, Carbonell y Triguero, 2004).

Tabla 3 Resumen de factores de riesgo modificables y no modificables

Factores de riesgo no modificables	Factores de riesgo modificables
Edad	Peso
Sexo	Tabaquismo
Raza	Hipogonadismo
Genética	Alimentación-dieta
	Ejercicio físico
	Enfermedades y fármacos osteopenizantes

Elaboración propia con información de Abizanda, Carbonell y Triguero (2004).

1.1.9. Diagnóstico médico

La densidad mineral ósea es un factor que ayuda en la predicción de fracturas osteoporóticas, debido a que la medida de esta misma podrá ser de utilidad para un diagnóstico certero. La densitometría axial de columna lumbar anteroposterior y de fémur proximal es el método más eficaz para la medición de la DMO y la prueba de mayor referencia en la predicción de fracturas osteoporóticas (Gallo, et. al., 2014).

En la investigación de Navarro y Reyes en 2019 resaltan la interpretación de este examen diagnóstico según la OMS se interpreta de la siguiente manera:

- Densidad mineral ósea normal [sin riesgo óseo] es aquella cuyo valor del puntaje T está entre -1 y +1 DE [Desviación estándar].
- Baja masa ósea: cuando el valor del puntaje T está entre -1 y -2,49 DE
- Osteoporosis: Cuando el valor del puntaje T es $\geq -2,5$ DE
- Osteoporosis severa: ante T-score $> -2,5$ DE y fractura ósea

Tabla 4 Dispositivos para medición de la densidad mineral ósea

	DXA [Absorciometría dual de rayos X]	pDXA [Absorciometría dual periférica de rayos X]	QUS [Densitometría ultrasónica cuantitativa]	QCT [Tomografía computarizada cuantitativa]	pQCT [Tomografía periférica computarizada cuantitativa]
Clasificación diagnóstica	Si	Limitada	No	No	No
Medida	Área DMO (g/cm ²)	Área DMO (g/cm ²)			
Predicción del riesgo de fractura	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Monitorización de los cambios en el tiempo	Sí	No	No	Sí	No
Radiación ionizante	++	+	0	+++	++
Coste	++	+	+	+++	++

0 = ninguno; + = bajo; ++ = moderado; +++ = alto

Gallo, et. al., (2014) Clasificación según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Es importante evaluar el riesgo de osteoporosis y tomar las medidas adecuadas para prevenir fracturas, pero esto puede ser difícil, ya que en ausencia de una fractura la osteoporosis es asintomática. Además, un paciente que tiene una fractura por fragilidad mantenida tiene mayor posibilidad de sufrir más fracturas. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta los factores de riesgo, excluyendo las causas secundarias de osteoporosis y considerando confirmación a través de la densidad mineral ósea con una exploración DEXA. Tomando en cuenta que una reducción de al menos un 30% debe estar presente en el hueso para ser visible en los rayos X, considerando a las radiografías como parte importante en el diagnóstico de fracturas por fragilidad relacionadas con la osteoporosis (Brown y King, 2017).



*Figura 6 Radiografía de paciente con osteoporosis
[Fotografía de Miguel Noriega] (Chile 2002)*

1.2. Antecedentes específicos.

La osteoporosis es un conflicto de salud a nivel mundial con consecuencias clínicas, económicas y sociales que afecta de forma predominante a mujeres postmenopáusicas. Más de 200 millones de personas padecen osteoporosis, y el

intermitente envejecimiento de la población, es posible la provocación de un mayor número de prevalencia (Blanch, et. al.; 2017).

Las manifestaciones clínicas más relevantes de la osteoporosis son las fracturas por fragilidad, de forma principal son las de cadera, columna vertebral, antebrazo y húmero. No obstante, otras fracturas en personas mayores de 50 años son consideradas de tipo osteoporóticas, incluyendo las de tibia, fémur y pelvis (Blanch, et. al.; 2017).

Las guías clínicas para el tratamiento de osteoporosis son recomendables intervenciones dietéticas, farmacológicas y ejercicios con pesas para la prevención de fracturas óseas. Estas formas de intervención poseen de vez en cuando poca adherencia y llegan a causar efectos adversos. Una alternativa complementaria a este tipo de intervenciones es el entrenamiento vibracional en toda el área corporal, en el que la energía es producida por una oscilación forzada que se transmite al paciente desde una plataforma de vibración mecánica (Pardos, et. al., 2019).

El diseño de un programa de vibración en todo el cuerpo a través de la plataforma vibratoria, se crea en base al principio básico de sobrecarga para el entrenamiento a adaptaciones físicas aumentando de forma progresiva aumentando considerablemente en función de la posición del cuerpo (Santin, et. al.; 2015).

1.2.1. Definición de la estimulación vibratoria

El tratamiento de estimulación vibratoria de cuerpo completo utiliza estimulación mecánica a través de plataformas de vibratorias que han emergido como potenciales alternativas para el tratamiento no farmacológico de patologías musculoesqueléticas. La estimulación vibratoria involucra una combinación de variables mecánicas. Las vibraciones son transmitidas por una cadena cinemática del cuerpo, combinando frecuencia, amplitud del estímulo, postura y diseño de envío de vibraciones que pueden

influir en el lugar de tratamiento adecuado proporcionando una efectividad mayor o menor con la combinación correcta de todas las variables involucradas (Fratini, Bonci y Buli, 2016).

1.2.2. Fisiología de la estimulación vibratoria

El sistema sensorial táctil es controlado por los mecanorreceptores cutáneos, los cuales participan en la sensibilidad en el tacto, presión, propiocepción y vibración. Los mecanorreceptores son sensibles a cualquier tipo de deformación o tensión y están presentes en muchas y variadas partes del cuerpo como la piel, los músculos, los tendones, aponeurosis, vasos y diversas vísceras. El sistema sensorial transmite información básica del estímulo con diversas características como la modalidad, localización, intensidad, duración, frecuencia de descarga y densidad de receptores. Toda la información recopilada se codifica en los receptores, axones y neuronas especializadas que activan la corteza cerebral somatosensorial primaria y secundaria (Malamud, et. al. 2014).

Tabla 5 Principales receptores involucrados en la vibración y sus propiedades

Tipo de receptor encapsulado	Localización y frecuencia	Función	Adaptabilidad	Fibras
Corpúsculos de Meissner	Piel Glabra 20-50 Hz	Tacto y posición	Rápida/Lenta	AB
Corpúsculos de Pacinni	Tejido subcutáneo Membranas interóseas Vísceras 60-400 Hz	Presión profunda Vibración	Rápida	AB
Discos de Merkel	Superficie de la piel Folículo piloso 5-15 Hz	Tacto y presión	Lenta	AB

Malamud, et. al. (2014) Estimulación sensorial de la vibración.

Uno de los efectos fisiológicos más examinados en la vibración es el aumento de la actividad muscular del músculo estriado detectada a través de electromiografía de superficie. Las vibraciones mecánicas provocan un reflejo miotático específico,

comúnmente conocido como tónico. Otros efectos incluyen la estimulación de procesos en el hueso, la dilatación de los vasos sanguíneos, la mejora de la circulación y el volumen de oxígeno, incremento de la secreción de hormonas con disminución del cortisol, aumento de la temperatura intramuscular. Sin confirmación completa de beneficios en el entrenamiento vibracional (Stania, et. al. 2016).

El reflejo tónico vibratorio producido, genera una estimulación de los husos musculares de neuronas aferentes provocando un reflejo miotático de respuesta, ocasionando una reacción en cadena de varios reflejos miotáticos con una inhibición recíproca de los músculos antagonistas como resultado. En conclusión produce un estado de mayor eficacia neuromuscular (Molina, 2020).

1.2.2.1. Fisiología de la actividad física. Un aspecto de gran importancia en la prevención de fracturas es la influencia positiva de las variables para mejorar la motricidad. El ejercicio habitual incide positivamente en el equilibrio, la velocidad de reacción, la fuerza y la resistencia muscular, la movilidad articular y la coordinación. Como resultado no solo se disminuye la probabilidad de caídas, sino que mejora la reacción frente a un posible accidente. El mecanismo de acción por el que la actividad física favorece al hueso es poco claro, pero se sabe que tanto la contracción muscular y el efecto de la gravedad generan fuerzas piezoeléctricas que influyen en la remodelación ósea, además de aumentar la vascularización (López y Fernández, 2006).

Para la prescripción de la actividad física en la etapa de vida de la mujer debemos tener en cuenta la edad de aparición de la menopausia. Los cambios fisiológicos en el músculo, en las unidades motoras y en otros sistemas son tomados en cuenta para el trabajo de fuerza. En esta etapa se debe priorizar el retrasar la pérdida de masa muscular lo cual repercute en la conservación de la masa ósea (López y Fernández, 2006).

1.2.3. Plataformas vibratorias

Las plataformas vibratorias se introdujeron en la década pasada como una innovación en el tratamiento contra la osteoporosis debido a que se han encontrado mejoras significativas en el ratio de composición del material óseo, en la densidad mineral ósea [DMO], en la estructura de las trabéculas y en el diámetro cortical en animales modelos (Pardos, et. al., 2019).

Las plataformas vibratorias se basan en los principios del entrenamiento vibratorio, es decir, aumenta las vibraciones de forma positiva de las que constantemente el cuerpo recibe. En todo el mundo se han visto acciones de las vibraciones que estimulas las estructuras neuromusculares y aumenta la producción de serotonina y dopamina, obteniendo resultados semejantes a los que pueden ser logrados por actividad física generando sensaciones de bienestar general (Quirumed, 2020).

1.2.3.1. Tipos de plataformas vibratorias. Según el estudio comercial de Quirumed en 2020 indica que existen tres tipos de plataformas vibratorias:

Tabla 6 Tipos de plataformas vibratorias

Tipos	Descripción	Rango de trabajo
Plataforma vibratoria oscilante	Oscilan en relación a solamente un eje central con un movimiento de balanceo natural con grados de velocidad variables imitando la marcha en el ser humano, es así que la plataforma vibratoria oscilante es más fluido su movimiento semejante al movimiento común del cuerpo para generar comodidad en su uso.	Tienen un rango de frecuencia desde 1Hz hasta 36 Hz
Plataforma vibratoria vertical	Su movimiento es de craneal a caudal con distintas frecuencias que tanto la contracción como la relajación de la musculatura	Rango de 20 Hz hasta 50 Hz
Plataforma vibratoria triplanar	Son las más novedosas. El estímulo de vibración ser produce en tres planos diferentes: vertical, transversal y anteroposterior por lo cual llega a trabajar todos los grupos musculares.	Rango de tratamiento similar al anterior.

Elaboración propia con información de Quirumed (Última actualización 2020).

1.2.3.2. Forma de uso de la plataforma vibratoria. Este tipo de estímulo vibratorio está caracterizado por la transmisión de oscilaciones mecánicas sinusoidales en las que vibración es aplicada de forma indirecta a la parte musculoesquelética que se requiere entrenar a través de la plataforma vibratoria, donde el sujeto se coloca en posición de semiflexión de piernas sobre su superficie y a través de los pies, las vibraciones emitidas se transfieren a todo el cuerpo. Las vibraciones permiten adaptabilidad monitoreando las variables como frecuencia [Hz] y la amplitud [mm] de vibración, así también el tiempo de tratamiento, recuperación, ejercicios o posturas que se utilizarán en la plataforma (Martínez, et. al. 2015).

Se ha indicado una posición incorrecta es el principal factor que interfiere con el patrón de transmisión de vibraciones a través del cuerpo. La superficie de contacto con el plano de vibración, la posición de la columna, el grado de tensión en los diferentes grupos musculares y las variaciones en la posición de las extremidades superiores e inferiores puede alterar las propiedades elásticas y de amortiguación de los tejidos, determinando la distribución del peso corporal en la plataforma. La interferencia se puede optimizar mediante una ligera flexión de las extremidades inferiores, provocando una desalineación de los segmentos y consecuentemente permitiendo una mejor disipación de los estímulos y / o poniendo el peso corporal en el antepié, evitando la aplicación de vibraciones directamente debajo de los talones. Ambas técnicas promueven una reducción en la aceleración transmitido al tronco y la cabeza, lo que garantiza una mayor seguridad en el entrenamiento (Vasconcellos, Schutz y dos Santos, 2014).



*Figura 7 Posicionamiento del paciente en la plataforma vibratoria
[Fotografía de Dr. Antonio Ponce (2012)]*

1.2.3.2.1. Precaución en el uso de la plataforma vibratoria. Una advertencia está relacionada con la posible aparición del fenómeno de resonancia, es decir, una amplificación de la vibración a la que el cuerpo recibe. Cada estructura corporal vibra a una frecuencia específica, llamada frecuencia natural. Cuando se aplica una vibración externa a una frecuencia que coincide con la frecuencia natural de una estructura dada, las fuerzas que actúan sobre el organismo se potencian, un evento que puede conducir a diferentes grados de daño al cuerpo, causando síntomas como dolor de cabeza, náuseas, mareos, eritema y comezón, prolongado entumecimiento de los miembros inferiores y alteraciones visuales¹ (Vasconcellos, et. al. 2014).

1.2.4. Aplicación fisioterapéutica

La vibración de todo el cuerpo se ha propuesto como una intervención con beneficios potenciales [fuerza, resistencia, potencia y masa ósea] para gran variedad de población clínica con múltiples patologías Cada vez su utilización es más frecuente para

combatir distintos aspectos de degradación musculo esquelética. Tanto la amplitud como la frecuencia de la vibración aplicada afectan a la eficacia de la intervención, por decir unos ejemplos la frecuencia de la vibración se puede ajustar para modular variables fisiológicas o el equilibrio en bipedestación, pero tanto una mala dosificación puede causar mareos o daños musculares (Alizadeh, et. al. 2014).

Hay múltiples diferencias entre los programas de entrenamiento en los cuales se utiliza la vibración de cuerpo completo vertical y transversal con una duración de entre 11 semanas a 9 meses con aplicación de vibración con parámetros de tratamiento vibracional uniformes (Stania, et. al. 2016).

Gran cantidad de investigaciones hacen referencia a las repeticiones de las vibraciones sobre el organismo cuando los efectos son agudos o cuando surgen las adaptaciones a largo plazo, dichas adaptaciones en el entrenamiento generan múltiples efectos sobre la salud ósea, la composición corporal, el perfil hormonal o el rendimiento muscular. Todos estos beneficios obtenidos con la combinación adecuada de las variables, cabe mencionar que no se obtienen los mismos efectos en una sola sesión en comparación a un tiempo prolongado de aplicaciones que puede influir en las posibles adaptaciones crónicas que genera el entrenamiento vibratorio (Martínez, et. al. 2015).

1.2.4.1. Dosificación de la estimulación vibratoria. La intensidad de estímulo se estima a través de una fórmula: $a_{max} = \frac{A * (2 \pi f)^2}{g}$. Donde A es la amplitud de las oscilaciones, g como la aceleración gravitatoria [9.81 m/s²] y f con la frecuencia de la vibración. La aceleración depende de la amplitud de oscilación y junto con la frecuencia aplicada longitudinalmente todo elevado al cuadrado, considerando la oscilación de tipo sinusoidal siendo confirmada por la literatura para las plataformas vibratorias (Fratini, Bonci y Buli, 2016).

Quirumed en 2020 sugiere ciertas frecuencias para intervención de distintos objetivos de tratamiento:

Tabla 7 Frecuencias para el uso de la plataforma vibratoria

20 – 30 Hz	Rehabilitación
25 – 35 Hz	Osteoporosis y drenaje linfático
30 – 35 Hz	Relajación y entrenamiento
35 – 50 Hz o más	Potenciación muscular y deportiva

Elaboración propia con información de Quirumed (Última actualización 2020).

1.2.4.2. *Indicaciones y contraindicaciones.* Molina en 2020 aconseja

considerar los casos en los cuales son necesario el uso de la plataforma vibratoria como un método de tratamiento adecuado, considerando que en las indicaciones se considera completamente para el ámbito deportivo, pero en el ámbito rehabilitador es necesario evaluar el estadio de la patología o el tipo de enfermedad que se va a tratar debido que existen ciertas patologías o lesiones en las cuales se desaconseja el uso de un tratamiento vibracional. Todas las indicaciones y contraindicaciones se especifican en la Tabla 8.

Tabla 8 Indicaciones y contraindicaciones de la plataforma vibratoria

Indicaciones	Contraindicaciones
Enfermedades neuromusculares	Pseudoartrosis
Síndrome crónico de fatiga	Discopatías
Paresias	Espondilosis
Fibromialgia	Valvulopatías
Atrofia muscular	Injertos metálicos, osteosíntesis o prótesis
Acortamientos musculares	Marcapasos o alteraciones del ritmo cardiaco
Reumatismos	Riesgo de trombosis
Osteoporosis	Intervenciones quirúrgicas recientes
Lesiones por movimientos repetitivos	Reumatismos
Distrofias post-traumáticas	Embarazo
Edema	Cáncer
Diabetes tipo II moderada	Epilepsia
	Lesiones oculares
	Fracturas recientes
	Diabetes severa

Elaboración propia con información de Molina (2020).

Capítulo II

Planteamiento del problema

La osteoporosis tipo 1 es una de las patologías que afecta mayormente a las mujeres que cursan con menor aporte hormonal debido a la pérdida de funciones de los ovarios secundario a la menopausia, algo que causa un desequilibrio en la renovación ósea que culmina en la osteoporosis, una enfermedad que reduce la integridad ósea volviendo a los huesos más frágiles y susceptibles a fracturas, por lo cual se ha implementado distintos métodos de tratamiento para esta patología como a través de fármacos o también no farmacológico, en el cual se involucra al ejercicio físico como método más eficaz para un mayor número de resultados óptimos en la reducción de sintomatología de la osteoporosis tipo 1.

El ejercicio físico cuenta con gran variedad de posibilidades para el tratamiento de la osteoporosis y de los cuales se destaca el uso de la plataforma vibratoria, la cuál es un invento novedoso introducido hace una década que da la posibilidad de ejercicio estático con transmisión de vibraciones a lo largo del cuerpo ayudando al sistema musculo esquelético para un entrenamiento más extenso y favorable que resulta ser beneficioso a nivel fisiológico de la anatomía ósea reduciendo la pérdida de la densidad ósea y favoreciendo en la mejoría del equilibrio estático con los pacientes geriátricos que cursan esta enfermedad.

2.1. Planteamiento del problema

La osteoporosis es una patología del sistema esquelético que se identifica por la deficiencia de masa ósea y deterioro de la microestructura del hueso, lo que lleva a un incremento del riesgo de fragilidad y posibles fracturas. En la actualidad se ha incorporado el concepto de resistencia ósea, que involucra el número estimado de la masa ósea determinada por la densitometría y la calidad que, es existente, es mínimamente posible determinar con métodos actuales (Peña-Ríos, et. al.; 2015).

Actualmente, a nivel mundial más 200 millones de mujeres postmenopáusicas padecen osteoporosis. Esta patología es de las más comunes y costosas en la salud pública y su incidencia incrementa proporcionalmente en esta población. Los aspectos a considerar de las fracturas son las caídas, la fragilidad ósea, la pérdida de equilibrio y la menor cantidad de fuerza en extremidades inferiores. El ejercicio físico se considera como una estrategia eficaz, que es recomendada frecuentemente en el área práctica en general, como prevención y tratamiento de la osteoporosis postmenopáusica (Pardos-Mainer, et. al., 2019).

La plataforma vibratoria es una máquina novedosa donde se permanece en bipedestación, de forma individual, sobre la placa vibratoria y el motor transfiere aceleraciones en dirección vertical al sistema musculo esquelético. Esta puede crear efectos osteogénicos al cambiar el flujo de líquido de la médula ósea por medio de la estimulación directa y mecano transducción, o llega a generar una estimulación ósea indirecta mediante la activación del complejo músculo esquelético a través del reflejo de estiramiento del tono (Pardos-Mainer, et. al., 2019).

A pesar de la importancia del ejercicio y la actividad física para mejorar la salud de la población, las mujeres mayores pasaban alrededor de dos tercios del tiempo de vigilia

en actividades sedentarias y por lo tanto, en riesgo de sufrir enfermedades crónicas. Por este motivo, nuevas intervenciones diseñadas para mejorar la Densidad Mineral Ósea [DMO] han aparecido recientemente. Actualmente, el entrenamiento con vibraciones de cuerpo entero [Whole Body Vibration] es indicado para mejorar la DMO y la aptitud física en adultos mayores (Santin-Medeiros, et. al., 2015).

Por lo anteriormente expuesto, se realiza la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuáles son los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas post-menopáusicas de entre 50 a 60 años?

2.2. Justificación

En países de Latinoamérica se calcula que el 70% de la población femenina de 50 años o mayores poseen una masa ósea menor a la ideal [50% con osteopenia y 20% con osteoporosis]; este porcentaje, en una proyección a futuro de la población hacia el año 2025, resultaría en 9,189,991 mujeres con masa ósea baja. La incidencia de fracturas de cadera ha aumentado a 169 por cada 100,000 mujeres, convirtiéndola en una problemática global (Peña-Ríos, et. al., 2015).

Como anteriormente fue mencionado más de 200 millones de personas en la actualidad, se estima que entre el 30 al 50% de las mujeres postmenopáusicas padecerán esta enfermedad. Tomando en cuenta que la población de más de 60 años incrementa un 1% por año, que la tasa de mortalidad por fracturas de cadera resulta en un 20% más alta dentro del primer año, que un 10% de la mujeres pierden su independencia luego de una fractura, que el 19% exige cuidados en casa, que menos del 50% vuelven a sus actividades de la vida diaria y que los costos directos e indirectos consecuentes de esta enfermedad elevados, resultando en una tarea difícil la producción de criterios diagnósticos preventivos o de tratamiento que faciliten las secuelas en la Salud Pública

que se originan a raíz de la osteoporosis desde la salud y el entorno socioeconómico (Guzmán, et al.,2018).

La osteoporosis es la enfermedad metabólica ósea más común, se define como enfermedad esquelética y sistémica caracterizada por disminución de la fuerza del hueso con el consiguiente aumento de la fragilidad ósea y susceptibilidad a fracturas. Los elementos esenciales de esta definición son una baja masa ósea y una alteración de la microarquitectura, que distingue a la osteoporosis de otras enfermedades de los huesos. La alteración de la microarquitectura se caracteriza por la pérdida, adelgazamiento y falta de conexión entre las trabéculas óseas, junto con una serie de factores, como alteraciones en la remodelación ósea y la propia geometría ósea, entre otros que han sido agrupados bajo el concepto de calidad ósea. En general, la osteoporosis implica un deterioro de la integridad estructural del hueso que favorece la fragilidad esquelética y provoca un aumento de riesgo de fracturas (Díaz, 2018).

Las medidas no farmacológicas para el tratamiento de la patología actualmente se han centrado en lo siguiente:

- Consumo apropiado de calcio y vitamina D, especialmente por medio de la dieta [1.000-1.200 mg/día de calcio y 800 UI/día de vitamina D].
- Ejercicio físico saludable que se pueda cumplirse a largo plazo [por lo menos 30 minutos tres veces por semana].

El ejercicio físico debe ser moderado y regular. Es recomendable un ejercicio en el que las pulsaciones no sean mayores a 130 latidos por minuto. Se debe de incluir en la vida cotidiana o al menos realizarlo de dos a tres veces en la semana en sesiones de 30 minutos y al terminar, realizar un período de relajación. Lograr mantener el peso ideal y realizar ejercicio físico aeróbico junto con ejercicios de

resistencia periódicamente, que pueden mantener o aumentar la densidad ósea en mujeres postmenopáusicas (Rodríguez, Jiménez y Rodríguez, 2018).

- Abandono del tabaco
- Disminución del consumo de alcohol. El consumo de tres o más unidades de alcohol es considerado perjudicial e incrementa el riesgo de caídas.
- Prevención de caídas. Este es considerado el tratamiento primordial, antes de cualquier fármaco, dirigido a mujeres con mayor riesgo de fracturas.

Evidencia científica demuestra la existencia de estrategias multifactoriales para disminuir el riesgo de caídas, completamente efectivas para la población geriátrica (Información Farmacoterapéutica de la Comarca [Infac], 2015).

El tratamiento farmacológico utilizado en la actualidad para control de sintomatología de la patología ha sido el siguiente:

- Ingesta de calcio y vitamina D como aporte complementario si no es adecuado durante la dieta, evitando dosis superiores a 500mg.
- Los bisfosfonatos [alendronato, risedronato y ácido zoledrónico] son considerados el tratamiento de preferencia en mujeres con osteoporosis postmenopáusica. Alendronato siendo el que cuenta mayor eficiencia.
- Denosumab reconocido como el segundo tratamiento de preferencia, cuando los bisfosfonatos están contraindicados para el paciente.
- Los moduladores selectivos del receptor de estrógenos [SERM] sería la tercera opción de tratamiento cuando tanto como los bisfosfonatos y el denosumab estén contraindicados.
- Teriparatida es reservado para mujeres postmenopáusicas con osteoporosis severa y por lo menos una fractura por fragilidad. (Infac, 2015).

Por lo anteriormente expuesto se llega a un objetivo: Identificar a través de evidencia científica los efectos a nivel fisiológico que presenta la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas de entre 50 a 60 años.

Esta investigación es posible debido a que existe suficiente información acerca de la osteoporosis tipo 1. Del mismo modo se encuentra evidencia científica acerca del tratamiento con plataforma vibratoria. Finalmente, lo que hace muy viable este trabajo es que se cuenta con la asesoría de expertos.

2.3. Objetivos.

2.3.1. Objetivo general.

Exponer a través de referencias bibliográficas los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en el tratamiento de osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años.

2.3.2. Objetivos particulares

- Describir los datos epidemiológicos de la osteoporosis tipo 1 en pacientes postmenopáusicas a través de artículos científicos fomentando la patología como una problemática actual a nivel mundial.
- Indicar los parámetros de tratamiento utilizados en la plataforma vibratoria mediante referencias científicas para generar cambios a nivel fisiológico en el sistema musculoesquelético.
- Identificar la funcionalidad de la plataforma vibratoria mediante la recopilación de los efectos fisiológicos sobre la osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años para incorporarla a un método de tratamiento fisioterapéutico.

Capítulo III

Marco metodológico

Este se conoce como la representación del método científico aplicado en la investigación, debido a que se describen paso a paso las técnicas y procedimientos que se emplean para la resolución del problema de la investigación. Información relevante para entender, verificar, corregir y/o aplicar el conocimiento con respecto a esta investigación sobre el uso de la plataforma vibratoria como tratamiento de la osteoporosis tipo 1 en pacientes postmenopáusicas de entre 50 a 60 años.

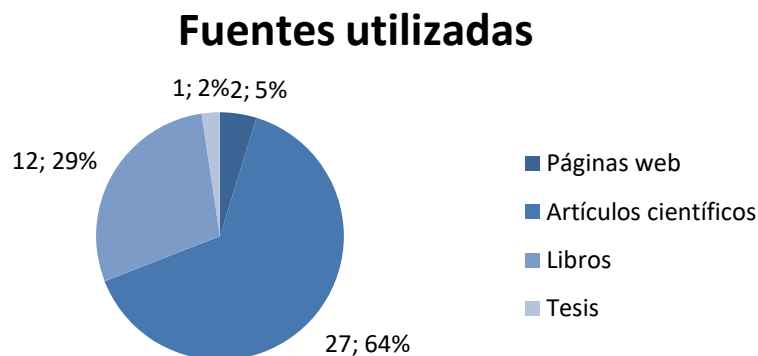
3.1. Materiales

Se realiza una investigación documental debido a que se utilizan técnicas de recolección de datos como: entrevistas en profundidad, un grupo de enfoque, evidencia documental, seguimiento mediante la verificación de resultados y conclusiones por parte de las mujeres participantes, y análisis cooperativo. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Tabla 9 Fuentes consultadas

Fuentes	Cantidad
Páginas web	2
Artículos científicos	27
Libros	12
Tesis	1
Total	37

Elaboración propia con el recuento de información solicitada en la investigación.



*Figura 8 Tipos de documentos utilizados en la investigación
Elaboración propia*

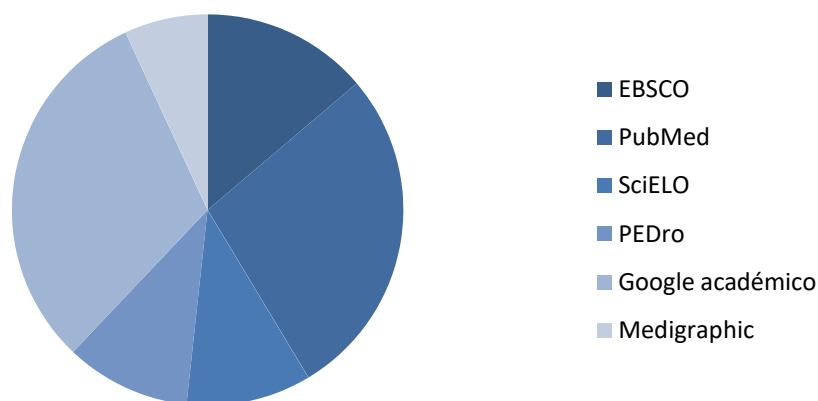
Se llega a una conclusión sobre el tipo de investigación hacia una técnica documental, debido a que se requiere consultar fuentes bibliográficas experimentales que muestren resultados de la plataforma vibratoria como tratamiento fisioterapéutico para la osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas.

3.2. Métodos

Para los métodos de investigación se utilizan múltiples buscadores de fuentes científicas con información con respecto a la patología de osteoporosis tipo 1 en pacientes postmenopáusicas y el uso de la plataforma vibratoria con fin terapéutico y los efectos que conlleva. Todos los buscadores utilizados en la investigación se describen en la Figura 8.

Para la búsqueda de todas las bases de datos se requirió de palabras clave para una reducción de resultados más certeros al objetivo de la investigación. Estos son: Plataforma vibratoria, Osteoporosis postmenopáusica, Osteoporosis, Vibración, Vibración de cuerpo completo, osteopenia, epidemiología, hueso, estructura ósea, remodelado óseo, factores de riesgo, tratamiento fisioterapéutico.

Buscadores académicos



*Figura 9 Gráfico de pastel de uso de buscadores para artículos científicos.
Elaboración propia*

3.2.1. Enfoque de investigación

La presente investigación se lleva a cabo con el enfoque de investigación de tipo cualitativo. Se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados. No se efectúa una medición numérica, por lo cual el análisis no es estadístico. La recolección de los datos consiste en obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes [sus emociones, experiencias, significados y otros aspectos subjetivos]. También resultan de interés las interacciones entre individuos, grupos y colectividades (Hernández, et. al. 2014).

El enfoque de la investigación es cualitativo debido a que se realiza una recolección de datos de múltiples documentos de carácter científico en donde varios estudios consideran la aplicación de la plataforma vibratoria como tratamiento fisioterapéutico en la osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas hechos en distintos grupos de la población humana, los cuales sus resultados fueron evaluados, así también se recolecta datos sobre las definiciones, aspectos fisiopatológicos y epidemiológicos de diferentes autores.

3.2.2. Tipo de estudio

El tipo de estudio empleado en la investigación es de tipo descriptivo, el cual describe las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que sea sometido a un análisis. Se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre conceptos o las variables a las que se refieren, mientras que, su objetivo es el de indicar cómo se relacionan éstas (Hernández, et. al., 2014).

Se clasifica como descriptivo el tipo de estudio debido a que en la recopilación de los resultados de las bases de datos sobre los efectos de la plataforma vibratoria en la osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas de entre 50 a 60 años, muestran resultados óptimos que permiten el descubrimiento de más información al respecto, así poder incrementar el uso de la plataforma vibratoria como uno de los principales tratamientos para la restructuración ósea en está y distintas patologías más.

3.2.3. Método de estudio

En la presente investigación se utiliza un método de estudio de análisis – síntesis, donde predomina la labor cognoscitiva por parte del investigador. Este proceso analítico se basa en la navegación en los datos y búsqueda de los tipos de clasificaciones repetidas, en las codificaciones y en las comparaciones que destacan al enfoque de la teoría fundamentada. El análisis comienza con la codificación abierta, cuya prueba es de secciones diminutas del texto compuestas de palabras individuales, frases y oraciones. Los resultados del análisis son síntesis de orden mayor que sobresalen en la forma de descripciones, expresiones, categorías, temas, patrones, hipótesis y teoría. (Hernández, et. al. 2014).

Se realiza un análisis de la información recaudada de los diferentes documentos obtenidos de las bases de datos acerca de los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria en la osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas de entre 50 a 60 años con ayuda de evidencia científica, para a continuación obtener resultados de la síntesis de esa información.

3.2.4. Diseño de investigación.

El diseño de investigación empleado en la realización de esta investigación es de tipo no experimental. Se enfoca en: a) estudiar cómo evolucionan una o más variables o las relaciones entre ellas, o b) analizar los cambios al paso del tiempo de un evento, comunidad, proceso, fenómeno o contexto. Los diseños de investigación transversal se concentran en recolectar datos en un solo instante, en un tiempo determinado. El objetivo es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento exacto (Hernández, et. al. 2014).

En esta investigación se aplica un estudio no experimental debido a que no se manipula ninguna variable para modificar sus resultados sobre los efectos fisiológicos de la plataforma vibratoria como tratamiento fisioterapéutico en la osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años.

3.2.5. Criterios de selección.

- **Criterios de inclusión.**
 - Artículos no mayores a 10 años de antigüedad.
 - Artículos relacionados a definición, patogénesis y epidemiología de Osteoporosis tipo 1.
 - Artículos relacionados a Osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas.

- Artículos científicos sobre el uso de la plataforma vibratoria con fines fisioterapéuticos.
- Artículos y tesis experimentales que involucren a la plataforma vibratoria como tratamiento para osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas
- **Criterios de exclusión.**
 - Artículos mayores a 10 años de antigüedad.
 - Artículos relacionados a definición, patogénesis y epidemiología de otras patologías.
 - Artículos relacionados a osteoporosis tipo 1 en hombres o en mujeres premenopausicas.
 - Artículos científicos sobre otros tipos de tratamientos fisioterapéuticos ajenos a la plataforma vibratoria.
 - Artículos y tesis experimentales que no involucren a la plataforma vibratoria como tratamiento para osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas.

3.3. Variables

Se aplican en personas y otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren un valor con respecto a la variable referida, como la eficacia de un procedimiento o tratamiento y el tiempo de manifestación de una enfermedad. Las variables obtienen un valor en la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, para ser parte de una teoría o hipótesis.

3.3.1. Variable independiente

En un diseño de investigación es la variable en la que la persona que investiga observa, controla o manipula para conocer los efectos que genera sobre la variable

dependiente, en esta investigación se considera la variable independiente al método de tratamiento, es decir, el uso de la plataforma vibratoria (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018).

3.3.2. Variable dependiente

Variable de estudio cuyos valores dependen de la variable independiente. Hace referencia a un fenómeno que se intenta explicar y que es el objeto de estudio a lo largo de la investigación, siendo en este caso la patología de osteoporosis tipo 1 en mujeres postmenopáusicas de entre 50 a 60 años (Sánchez, et. al., 2018).

3.3.3. Operacionalización de variables

Las variables se operacionalizan correlacionando la propuesta de tratamiento con la patología definida en la investigación siendo la plataforma vibratoria como la variable independiente que genera un efecto ya sea positivo o negativo sobre la variable dependiente de la osteoporosis tipo 1 en paciente postmenopáusicas.

Tabla 10 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Independiente	La plataforma vibratoria es una máquina novedosa donde se permanece en bipedestación, de forma individual, sobre la placa vibratoria y el motor transfiere aceleraciones en dirección vertical al sistema musculo esquelético (Pardos-Mainer, Calero y Sagarra, 2019).	La plataforma vibratoria es un equipo de mecanoterapia especializado en la movilización del sistema musculo esquelético sin necesidad de movilidad articular, lo cual proporciona un estímulo vibratorio de respuesta a la carga del hueso esponjoso fomentando una respuesta en la masa ósea disminuyendo la sintomatología de las pacientes con osteoporosis tipo 1.
Dependiente	Osteoporosis tipo 1 se conoce como una patología sistemática que se caracteriza por la exposición del hueso a fracturas de bajo impacto por la reducción de la masa y calidad ósea (Sotelo y Calvo, 2011).	La osteoporosis es una falla en el sistema de remodelación óseo que genera la pérdida de la densidad mineral ósea, lo cual llega generar fracturas, pero con influencia de estímulos vibratorios en posición bípeda sobre la plataforma vibratoria es capaz de generar cambios fisiológicos en la masa ósea de las pacientes postmenopáusicas que son las que padecen mayormente de esta patología.

Elaboración propia sobre la operacionalización de la variable dependiente y la independiente.

Capítulo IV

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de las fuentes consultadas, siendo mayormente artículos científicos que de forma experimental tratan de comprobar la hipótesis de un tratamiento fisioterapéutico con el uso de la plataforma vibratoria en la osteoporosis resultante de la menopausia de mujeres en un rango de edad de entre 50 a 60 años. Toda la información es recolectada y presentada en la tabla 11 junto con los objetivos de búsqueda para la justificación de esta investigación.

4.1. Resultados

En los resultados se involucran las variables tanto dependiente [osteoporosis tipo 1 en paciente femeninas postmenopáusicas entre 50 a 60 años], la variable independiente [la plataforma vibratoria] y como la plataforma vibratoria resulta un medio terapéutico con el cual se busca inducir una recuperación en la patología o por lo menos detener su progresión dando a conocer los efectos que tiene la vibración de cuerpo completo sobre la estructura anatómica y fisiológica del sistema óseo.

La variedad de resultados son respecto a la extensión que tiene la patología investigada y como el método de tratamiento puede generar cambios en la masa ósea del hueso en la osteoporosis postmenopáusica por la cual la cantidad de fuentes solicitadas para cada objetivo de investigación es de tres que justifican y apoyan o contradicen el uso de la plataforma vibratoria como tratamiento fisioterapéutico.

- Datos epidemiológicos de la osteoporosis tipo I en pacientes postmenopáusicas fomentando la patología como una problemática actual a nivel mundial.

La osteoporosis es una patología común que afecta a 150 – 200 millones de personas a lo largo del mundo. Aproximadamente la mitad de estos pacientes son pertenecientes a diferentes países tales como Norte América, Europa y Japón. En general se estima que alrededor de 33% de mujeres de 50 o mayores pueden sufrir de osteoporosis (Díaz, 2018).

En el estudio de Chuma, et. al. en 2020 se analiza sobre la prevalencia de osteoporosis en mujeres postmenopáusicas en el país de Kiambu, Kenia en África con una muestra de 254 mujeres tomando los datos estadísticos con el programa estadístico SPSS versión 21.0 para el cálculo de la densitometría ósea de la muestra de mujeres en este estudio basándose en las desviaciones estándar ofrecidas por el T-score junto con los factores de riesgo mencionados en la historia clínica de las pacientes.

Este estudio reveló que el 26,4% de las mujeres eran osteoporóticas, siendo similares los resultados a un estudio hospitalario en Kenia por Odawa et. al. (Como fue citado en Chuma et. al. en 2020) donde informó la prevalencia de osteoporosis en mujeres postmenopáusicas que era de 24,3%. También similares a Filipinas, 19.8% y en Tailandia por Limpaphayom, et. al. En Alemania, Haussler et. al. (Citado igualmente por Chuma et. al. 2020) con una prevalencia de 25,8% en mujeres de más de 50 años. En India por Sudhaa, et. al. con una prevalencia de 20,3%.

En el estudio de Saleh, et. al. en 2020 menciona sobre el diagnóstico y manejo de osteoporosis en mujeres postmenopáusicas por un consenso de cooperación entre países asiáticos utilizando el programa FRAX para la recolección de datos epidemiológicos

para diferentes regiones junto con la toma de datos controlando los factores de riesgo asociados a cada país.

Estimando en Arabia Saudita una prevalencia en un grupo de muestra de 830 mujeres en edades de entre 50 – 89 años con 39.5%. En base a un análisis sistemático envolviendo 24 estudios involucrando a 5160 mujeres en edades de 50 – 79 años indicando una prevalencia de 34% mientras que el 36.6% tienen osteopenia. En Baharin en 2009 (como se citó en Saleh, et. al. 2020) con una población de 170 mujeres postmenopáusicas se obtuvo una prevalencia del 27.1%. Finalmente, en Kuwait [Población = 903 mujeres postmenopáusicas, edades \pm 55 años] con una prevalencia en la densitometría ósea de la columna vertebral de 20.2% y 12.5% en cuello de fémur.

En el estudio de Shukka y Khandekar (citado igualmente por Saleh et. al 2020) se obtiene una prevalencia [en 473 mujeres omaníes de entre 50 – 79 años] de 10% en columna vertebral y 4% en fémur. Terminando en Qatar, con una prevalencia de osteoporosis en mujeres postmenopáusicas de 12.3% [Población = 821].

En el estudio de Jackson y Mysiw del 2014 dan a conocer sobre la prevalencia de la osteoporosis con una población de 160,000 mujeres postmenopáusicas en edades de entre 50 y 79 años, el estudio de la iniciativa de salud de la mujer [Women's Health Initiative] es uno de los de mayor alcance que se ha llevado a cabo a través de tres ensayos clínicos [Población = 68,132] y un estudio observacional [Población = 93,676] seguidos prospectivamente por casi dos décadas. Utilizando fenotipos del esqueleto para obtención de resultados incluida la absorptiometría de rayos X de doble energía y la sorptiometría de doble energía para la evaluación de la densidad mineral ósea.

El estudio evaluó la prevalencia de las fracturas presentando un 50% menor en mujeres afroamericanas. Las tasas de fractura fueron mayores en población con raza

blanca y nativo americanas [2,0% cada uno], hispanas [1,3%], asiáticas [1,2%], afroamericanas [0,9%] y americanas [0,9%].

En los resultados obtenidos de los distintos países por varios continentes se dedujo que la problemática de la osteoporosis está presente a lo largo del globo en ciertas partes más que en otras, esto se relaciona con los factores de riesgo tales como los no modificables siendo más notable la población femenina la más afectada, también la edad siendo un factor determinante para una menor masa ósea y finalmente la raza que se resalta en los resultados, debido a que la raza blanca es más susceptible al padecimiento de la patología contando con mayor prevalencia de la misma y susceptibilidad a las fracturas.

- Parámetros de tratamiento utilizados en la plataforma vibratoria para generar cambios a nivel fisiológico en el sistema musculoesquelético.

Beudart et. Al. (Como se citó en Stania, et. al. 2016) realizaron la aplicación terapéutica en 50 pacientes de asilos en Liege, Bélgica, siendo divididos en 25 para vibración de cuerpo completo y 25 en el grupo control [ejercicio físico], planteando la hipótesis que la ausencia de entrenamiento con vibraciones como prevención de caídas se debe a parámetros de exposición bajos y corta exposición durante solo una sesión (15s) a 30 Hz/2mm, pero a una exposición de 3 a 12 meses se observó una reducción del volumen muscular reduciendo la estabilidad postural en población geriátrica.

Turner et. Al. (Como se citó en Stania, et. al. 2016) aplicaron en una población de 46 mujeres postmenopáusicas del norte de los suburbios de Sídney, Australia, una vibración de baja frecuencia y bajo valor [12 Hz, 0,5mm de desplazamiento y 3g magnitud] tres veces por semana. Informando que la vibración de baja frecuencia [<25 Hz] tiene mayor transmisión al esqueleto axial y que la transmisibilidad disminuye con

frecuencias más altas, causando una reducción del 34,6% en el marcador de resorción ósea, mientras que una exposición de un día a la semana parece insuficiente para desatar algún efecto de carácter fisiológico.

Los resultados presentaron una reducción de la resorción ósea favorable, pero se necesitan más estudios para determinar la dosis óptima de exposición a las vibraciones y determinar si este efecto antes mencionado se mantiene o hay aumento en la densidad ósea, resistencia a la tracción, y reducción al riesgo de fragilidad. El efecto de la vibración a largo plazo sobre la resorción ósea puede ser clínicamente relevante si se observan tras 24 sesiones ampliando la dosis de vibración (Turner, et.al., 2011).

En el estudio de Lai, et. al. (Como se citó en Stania, et. al. 2016) se notó un incremento del 2.032% de densidad mineral ósea en zona lumbar en una población de 40 mujeres postmenopáusicas, siendo únicamente 28 las que terminaron el estudio, luego de un entrenamiento de vibración de cuerpo completo de forma horizontal a una frecuencia de 30 Hz y una magnitud de 3.2 g por 5 minutos por sesión en una exposición de 6 meses.

Se realizó el entrenamiento en posición bípeda y neutra manteniendo la dosificación estable 32 mujeres fueron las que cumplieron con los criterios de inclusión del estudio y de ellas solo 28 siguieron debido a pérdida de interés de las 4 restantes. Se notaron similares resultados a la investigación de Slatkoska, et. al. en la que se utilizó suplementos de calcio y vitamina D en los pacientes obteniendo el mismo resultado, pero la limitación que puede presentar es falta de adherencia por falta de los pacientes al tratamiento ya sea farmacológico o vibratorio, siendo las participantes de este estudio aplicados con alta frecuencia y magnitud los que presentaron una mayor adherencia al entrenamiento vibracional (Lai, et. al., 2013).

Los resultados encontrados establecen un parámetro de tratamiento de entre 12 Hz y 30 Hz de frecuencia y una magnitud de 3g a 3.2g logrando un mayor efecto con exposiciones más prolongadas a la vibración de cuerpo completo consiguiendo durante varias sesiones consiguiendo aumento en la estabilidad postural, resistencia a fuerzas externas y el principal factor el cuál es el retraso del deterioro de la densidad mineral ósea induciendo una renovación del tejido óseo y manteniendo su integridad.

- Funcionalidad de la plataforma vibratoria mediante la recopilación de los efectos fisiológicos sobre la osteoporosis tipo 1 en pacientes femeninas postmenopáusicas de entre 50 a 60 años para incorporarla a un método de tratamiento fisioterapéutico

De acuerdo con la teoría piezoeléctrica, la presión induce la formación de hueso en la diferencia de potencial eléctrico que actúa como un estimulante del proceso de formación ósea. Un estimulador más fuerte de la osteogénesis es el esfuerzo realizado en posición vertical, lo que explica los efectos buenos de la vibración. La vibración de cuerpo completo aumenta la hormona del crecimiento, previniendo la sarcopenia y la osteoporosis. El entrenamiento con vibración aumenta la fuerza y coordinación neuromuscular reduciendo los riesgos de caídas (Weber-Rajek, 2015).

Según Bembien et. al. (Como se citó en Fratini, et. al 2016) el efecto de la vibración no está tan claro en humanos como en animales, realizaron ejercicios durante los tratamientos con vibración cuerpo completo con incorporación de entrenamiento estándar junto con los estímulos. Debido a esto no se encontraron ningún tipo de cambios en los valores con respecto a los grupos de control [placebo o entrenamiento con ejercicios].

En el experimento participaron 55 mujeres postmenopáusicas y se dividieron en 3 grupos. Uno de resistencia [N =22], otro de entrenamiento de resistencia con vibración [N = 21] y el grupo control [N = 12] en un entrenamiento de 8 meses con resistencia de cuerpo entero al 80% de 1RM en tres posiciones diferentes, y al final del experimento no se obtuvieron diferencias considerables en la DMO de cadera derecha disminuyendo [$p < 0,05$] en todos los grupos y mejorando fuerza únicamente en ambos grupos de resistencia sin ninguna diferencia (Weber-Rajek, 2015).

Karakiriou et. al. (Como se citó en Fratini, et. al 2016) demostraron que al no asociar ejercicios simultáneos se observa una diferencia de $0,035\text{g/cm}^2$. Dando valores superiores de densidad mineral ósea manteniendo una bipedestación completa y una sentadilla hack. Utilizando magnitudes altas [+3 g] produciendo mejores resultados en la parte inferior del cuerpo donde se concentra mayormente el efecto de amortiguación recibiendo mayor estimulación vibratoria.

El estudio fue realizado contando con 32 participantes de entre 53 a 55 años postmenopáusicas en las cuales se les realizó una intervención de 6 meses en las cuales se dividieron en 3 grupos, entrenamiento aeróbico, grupo control y la vibración de cuerpo completo contando con una frecuencia de tratamiento de 35 – 40 Hz y una amplitud de 1.5g en 3 sesiones por semana concluyendo que incremento la densidad mineral ósea de zona lumbar con el ejercicio aeróbico, mientras que la vibración generó una reducción de la pérdida de masa ósea en área lumbar, mejorando fuerza a su vez y contribuyendo a un mejor desempeño en las demandas de sus actividades diarias (Karakiriou, et. al., 2011).

Verschueren, et. al. (Como se citó en Fratini, et. al 2016) realizaron un estudio en el que se involucra ejercicios sobre la plataforma vibratoria en donde las dosis altas

acumuladas en tiempos de seguimiento resultan ser los más eficaces en tratamiento con vibración, observándose un efecto positivo global en los resultados de densidad mineral ósea [$p < 0,001$ DM = 2,2%] con estudios con dosis acumulada superior a 1000 min.

Se realizó el estudio con la participación de 70 voluntarias en edades de 58 – 74 años y una división de tres grupos [vibración = 25, resistencia = 22 y control = 23] para un entrenamiento de 3 veces por semana en un tratamiento de 6 meses. La vibración fue aplicada a una frecuencia de 35 – 40 Hz y 2,28 – 5,09g de magnitud con entrenamiento dinámico y estático, mientras que la resistencia fue de 20 RM a 8 RM de forma progresiva y el grupo control sin ningún tipo de intervención, reflejando un resultado final de 1,5% de beneficio de resorción ósea en comparación con el grupo control, mientras que el de resistencia y vibración, se mantuvieron similares, estos efectos son iguales a los conseguidos con agentes antirresortivos de tratamiento farmacológico (Fratini, et. al. 2016)

La funcionalidad de la plataforma vibratoria como tratamiento eficaz con la osteoporosis postmenopáusicas se ve mayormente con la adopción de posturas estáticas durante la exposición a vibraciones consiguiendo mayor trabajo muscular de resistencia aumentando el efecto en ciertas zonas del cuerpo, siendo la zona lumbar y el cuello femoral, también detallando que el uso de la plataforma vibratoria se ve similar en el entrenamiento con resistencia en adultos mayores, teniendo mayor ventaja al ser un tratamiento con menor necesidad de adherencia y una facilidad en la aplicación, mostrando mejoras en la densidad mineral ósea pero sin la capacidad de poder reestructurar al hueso a un estado normal, únicamente reduciendo la pérdida de material óseo con altas dosificaciones de tratamiento.

4.2. Discusión

En la investigación de Chuma, et. al. detallan la prevalencia en el continente africano basándose en la densitometría del T-score siendo la forma primordial de evaluación de los pacientes con osteoporosis, pero sus resultados se basan en personas que no han sufrido ningún tipo de fractura por fragilidad, en comparación con el estudio de países asiáticos de Saleh, et. al. en la que la mayoría de diagnósticos se basan en población por fracturas osteoporóticas, para poder cuantificar una tasa de prevalencia de la patología en la población. Mientras que Jackson y Mysiw toman en cuenta ambos factores de riesgo como la disminución de la densidad ósea y las fracturas para la cuantificación de su población al ser la más extensa y evaluada por mayor tiempo.

En el estudio de Turner, et. al. se utiliza una dosis menor en comparación a los otros autores mencionando el fenómeno de transmisión al esqueleto axial siendo ignorado por Lai, et. al. el cuál fue el estudio que utilizó mayor amplitud de parámetros consiguiendo los efectos más prometedores comparándolos a los conseguidos con tratamiento farmacológico, mientras que Beaduart, et. al. utilizando frecuencias de 30 Hz similares al estudio de Lai et. al., no obtuvo resultados tan prometedores reduciendo la estabilidad postural. Los tres autores a pesar de enfocarse a distintos objetivos llegan al mismo planteamiento que mientras mayor sea el estímulo y mayor sea la exposición a la vibración los efectos serán mayores experimentando una mejoría considerable con respecto a la masa ósea.

Finalmente, en el estudio de Bemben, et. al. se detalla una poca efectividad de la plataforma vibratoria en humanos en comparación a experimentos en animales debido a la similitud de resultados con los grupos control a pesar de la utilización de dosificaciones altas con frecuencias entre 30 a 40 Hz, pero aun así relata un aumento de

fuerza en el estudio con vibración dando una pauta de tratamiento mayormente al músculo en lugar del hueso, resultados que congenian con las investigaciones de Karakiriou, et. al. y Verschueren, et. al. en los cuales encontraron resultados similares únicamente con los grupos de tratamiento con resistencia mostrando un aumento de fuerza y estabilidad postural con frecuencias de vibración mayores a 30 Hz demostrando que Beaduart estaba correcto en su planteamiento es correcto. Detallando en los últimos autores una mejoría en la densidad mineral ósea, disminuyendo la pérdida de la misma y llegando a la misma conclusión que Turner que con aplicaciones más altas podría lograrse un aumento en la masa ósea.

4.3. Conclusiones

Los datos epidemiológicos de la osteoporosis, describen a la patología como un problema de salud pública a nivel mundial, todo debido a la tasa de incremento en fracturas osteoporóticas siendo la principal complicación de la enfermedad, a lo largo de los distintos continentes. En la actualidad, América del Norte, Europa y Oceanía tienen la tasa más alta de fractura de cadera, pero los cambios demográficos de las próximas décadas de la población indica un aumento importante en África, Asia y América Latina en la prevalencia de fracturas osteoporóticas, relacionadas con la edad como el sexo y finalmente, la raza representa su mayor presentación en las distintas poblaciones y el alto riesgo de probabilidad de padecimiento de la osteoporosis.

Los parámetros de tratamiento de la plataforma vibratoria dan la pauta de la amplitud del estímulo, que debe ser semejante con la intensidad del estímulo, al igual las frecuencias bajas producen estímulos más pequeños en comparación a frecuencias altas que producen un mayor efecto osteoblástico y de reducción de la pérdida de masa ósea con intensidades de 2,0 a 7,2 g y frecuencias de 15 a 30 Hz. El diseño de la entrega

de la vibración tiene un fuerte impacto en los resultados de los protocolos con los cuales considerar la vibración como una estrategia para el tratamiento de distintas patológicas ayudando al sistema musculoesquelético, convirtiéndose en una técnica de mecanoterapia que permite la adherencia al entrenamiento, a comparación con rutinas de entrenamientos de resistencia progresiva.

La funcionalidad de la plataforma vibratoria como una estrategia fisioterapéutica para el tratamiento de la osteoporosis postmenopáusica resulta ser una herramienta eficaz para su implementación en la actualidad debido a que muestra que la estimulación con vibración de cuerpo completo produce una mejora significativa en la DMO [2 a 5,5%] en los valores en cadera y columna vertebral en comparación con los grupos de control con los cuáles son de placebo y manteniendo similitud en los resultados con ejercicios de resistencia. Los tratamientos con la vibración de cuerpo completo han demostrado reducir el descenso de la densidad mineral ósea ocasionada por la osteoporosis con ciertos parámetros y una exposición a la vibración prolongada.

Los efectos fisiológicos expuestos en los resultados sobre la plataforma vibratoria como tratamiento en la osteoporosis tipo 1 en pacientes postmenopáusicas de entre 50 a 60 años son la disminución de la pérdida de masa ósea con un ligero aumento de masa ósea en comparación a no hacer ningún tipo de tratamiento, un incremento en la fuerza muscular, mejor percepción articular, incremento del control postural y una mejor adherencia de los pacientes al utilizar la plataforma vibratoria por su facilidad de uso, siendo otro de los tratamiento que pueden ser considerado parte de un protocolo de intervención fisioterapéutica tanto como para prevención, como para implementación en población que actualmente este cursando con la patología orientando al fisioterapeuta a una amplitud de opciones de tratamiento para la osteoporosis en paciente geriátricos.

4.4. Perspectivas y/o aplicaciones prácticas

Se consultaron 12 artículos relacionados tanto con la extensión de la osteoporosis postmenopáusica a lo largo del mundo como la intervención fisioterapéutica con implementación de la vibración de cuerpo completo como tratamiento encontrándose gran variedad de resultados. La búsqueda de resultados fue mayormente en idioma inglés como lenguaje internacional, pero con investigaciones de países occidentales en la que existe mayor prevalencia de la patología, siendo el único inconveniente en la búsqueda de información referente a este tipo de intervención.

La plataforma vibratoria, muestra el efecto como el efecto notable, la reducción de la pérdida de material óseo, pero únicamente manteniendo un tiempo prolongado de exposición a la vibración, pero en ciertas poblaciones no se ve ninguna diferencia al entrenamiento de resistencia progresiva, se recomienda el seguimiento a la investigación de la funcionalidad de la plataforma vibratoria que podría mostrar distintos efectos como un método preventivo para involucrarlo en el entrenamiento de mujeres premenopáusicas en población más joven para favorecer en el efecto osteoblástico para una renovación de material óseo apropiado para evitar tanto la osteopenia como la osteoporosis.

Referencias

- Abizanda, M.; Carbonell, C. y Triguero, J. (2004) Atención primaria de calidad. Guía de buena práctica clínica en osteoporosis. Ministerio de sanidad y consumo. *Editorial: International Marketing & Communications, S.A. Alberto Alcocer, 13, 1º D. 28036 Madrid*. Recuperado de: <http://www.comsegovia.com>
- Al-Saleh Y, Al-Daghri NM, Sabico S, Alessa T, Al Emadi S, Alawadi F, Al Qasaabi S, Alfutaisi A, Al Izzi M, Mukhaimer J, Suhaili AR, Reginster JY, Sulimani R. Diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women in Gulf Cooperation Council (GCC) countries: consensus statement of the GCC countries' osteoporosis societies under the auspices of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO). *Arch Osteoporos*. 2020 Jul 22;15(1):109. doi: 10.1007/s11657-020-00778-5.
- Alizadeh, Zariffa, Masani, Popovic y Craven (2014) Variability of vibrations produced by commercial whole-body vibration platforms [Variabilidad de las vibraciones producidas por plataformas vibratorias de cuerpo completo comerciales] J. *Rehabil Med*: 46; 937-940. DOI: 10.2340/16501977-1868
- Baldeón (2013) Incidencia de osteoporosis densitométrica en mujeres adultas mayores posmenopáusicas. *Centro médico global diagnóstico. Octubre 2012 – marzo 2013 (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Humana, Lima – Perú. Recuperado de: <https://tinyurl.com/ajdcart6>
- Barone, L. (2000) Anatomía y fisiología del cuerpo humano. *Buenos Aires-Rep. Argentina: Cultural librería americana S.A. –MMIV, Grupo Clasa*. Recuperado de: <https://tinyurl.com/9ebh4y5n>
- Blanch J., Nogués X., Moro MJ., Valero MC., del Pino-Montes D., Canals L., Lizán L. (2017) Circuitos de atención médica de la paciente con osteoporosis postmenopáusica en España. *Rev Osteoporos Metab Miner.*; 9(2):62-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.4321/S1889-836X2017000200003>
- Brown & King (2017) Musculoskeletal X-rays for medical students and trainees [Radiografías musculoesqueléticas para estudiantes y practicantes]. *Chichester, West Sussex, UK; Malden, MA: John Wiley & Sons Inc. 2015*. <http://lcn.loc.gov/2014040930>.

- Chile (2002) Osteoporosis asociada a indinavir en paciente infectado por virus de inmunodeficiencia humana: Comunicación de una caso y revisión de la literatura. *Revista Chilena de infectología*. DOI: 10.4067 / SO716-10182003000400005
- Diaz (2018) Osteoporosis: Concept. Pathophysiology. Clinical. Epidemiology [Osteoporosis: Concepto. Fisiopatología. Clínica. Epidemiología] *Rev. Osteoporos Metab Miner; 10 (Supl 1): S2-4*. DOI: <http://dx.doi.org/10.4321/S1889-836X2018000200001>
- Fratini, Bonci y Buli, (2016) Whole Body Vibration Treatments in postmenopausal women can improve bone minerl density: Results of a stimulus focused meta-analysis. *PLoS ONE 11 (12): e0166774*. DOI: 10.1371/journal.pone.0166774
- Gallo, F.; Giner V.; León, F.; Mas, X.; Medina, M.; Nieto, E.; Pérez, A. y Vargas, F. (2014) Osteoporosis Manejo: Prevención, diagnóstico y tratamiento. Grupo de Trabajo de Enfermedades Reumatológicas de la semFYC. *Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria. Diputaió, 320 08009 Barcelona*. www.semfyec.es.
- Guede, González y Caeiro, (2013) Biomecánica y hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos. *Rev. Osteoporos Metab Miner 5; 1: 43-50*
Recuperado de: <https://tinyurl.com/4wasu263>
- Guzmán, K.; Pazmiño, A.; Ortiz, L. & Ocaña, J. (2018) La osteoporosis postmenopáusica. Su vigencia como problema de salud actual. *Revista Cubana de Reumatología, Volumen 20, Número 1; ISSN: 1817-5996*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1174299>
- Hernández, Fernández, y Baptista (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). *México: McGrwall*.. Recuperado de: <https://tinyurl.com/9vxeadpk>
- Información Farmacoterapéutica de la Comarca – INFAC (2015) Osteoporosis postmenopáusica: Un consenso necesario. *Intranet Osakidetza. Volumen 23. N°4. Editorial Sumario*. Recuperado de: <http://www.osakidetza.euskadi.eus/cevime>
- Jackson y Mysiw (2014) Insights into the epidemiology of postmenopausal osteoporosis: The Women´s Health Intiative [Adentrándose en la epidemiología de la osteoporosis postmenopáusica: Iniciativa de la salud de las mujeres] *Semin Reprod Med; 32: 454 – 462*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1384629>.
- Lai CL, Tseng SY, Chen CN, Liao WC, Wang CH, Lee MC, et al.(2013) Effect of 6 months of whole body vibration on lumbar spine bone density in

postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Clin Interv Aging*; 8:1603–9. DOI: 10.2147/CIA.S53591.

- Latarjet y Ruiz (2013) Capítulo I. Generalidades concernientes al esqueleto, las articulaciones y los músculos. *Anatomía Humana 4ta, Edición Tomo I. Rev. Mex. Neuroci. Mayo-Junio; 15(3): 163-170. Editorial Médica panamericana.*
<https://www.rinconmedico.me/anatomia-humana-latarjet-4ta-edicion/>
- López y Fernández (2006) Fisiología del ejercicio. 3ra. Edición. *Editorial médica panamericana. Buenos aires, Bogotá, Caracas, Madrid, México, Sao Paulo.*
www.medicapanamericana.com
- Malamud, Estañol, Ayala, Senties y Hernández (2014) Fisiología de la vibración. *Rev Mex Neuroci Mayo-Junio, 2014; 15(3): 163-170* Recuperado de:
<http://previous.revmexneurociencia.com/articulo/fisiologia-de-la-vibracion/>
- Martínez, E.; Luna, F. y Peña, A. (2013) Manual de osteoporosis. Grupo de Trabajo de Rehabilitación en Osteoporosis. *EdikaMed, S.L.* www.edikamed.com
- Martínez, Martínez, Alcaraz y Rubio (2015) Efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre la composición corporal y las capacidades físicas en adultos jóvenes físicamente activos. *Nutr. Hosp. 2015; 32: 1949-1959.* DOI: 10.3305/nh.2015.32.5.9672
- Marieb (2009) Anatomía y fisiología humana (Traductor Ediciones Gráficas Arial S.L.) *Perason Educación S.A. (2008) Ribera del Loira, 28. 28042 Madrid (España).* ISBN: 978878290949
- Mendoza-Romo, M.; Ramírez-Arriola, M.; Velasco-Chávez, J.; Rivera-Martínez, J.; Nieva de Jesús, R. & Valdez-Jimenez, L. (2014) Paridad y menarquía como factores de riesgo para osteoporosis en mujeres posmenopáusicas. *Ginecol Obstet Mex.; 82: 5-82.* Recuperado de: www.femecog.org.mx y www.nietoeditores.com.mx
- Molina (2020) Eficacia de las plataformas vibratorias. Fecha de consulta: 02/10/2021. Recuperado de: <https://www.fisiocampus.com/articulos/eficacia-de-las-plataformas-vibratorias>
- Navarro y Reyes (2019) Guía para el diagnóstico y tratamiento de la osteoporosis, 2018. *Revista Cubana de Endocrinología; 30 (1): 1-45.*
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>

- Nordin y Frankel (2004) Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. (Traductor Hídalgo C.) Edición Wlarealty. Basauri, 17, 1ª planta 28023 Aravaca (Madrid). Edición original (2001) ISBN: 0-683-30247-7.
- Pardos-Mainer E, Calero Morales S. y Sagarra L. (2019). Efectos de las plataformas vibratorias en la salud ósea en mujeres posmenopáusicas. *Rev Cuba Obstetr Ginecol*, 45(1):[aprox. 0 p.]. Recuperado de: <http://revginecobstetricia.sld.cu/index.php/gin/article/view/424>
- Peña-Ríos, D.; Cisneros-Dreinhofer, F.; Peña-Rodríguez, M.; García-Hernández, P.; Hernández-Bueno, J.; Jasqui-Romano, S.; Mercado-Cárdenas, V.; Mirassou-Ortega, M.; Morales-Torres, J.; Vallejo-Almada, J. y Vásquez-Alanis, A. (2015) Consenso de diagnóstico y tratamiento de la osteoporosis en la mujer postmenopáusica mexicana. *Med. Int. Méx.* 31: 596-610. Recuperado de: <https://tinyurl.com/fdp4byy>
- Pérez y Pérez (2004) Capítulo II Osteoporosis: concepto, página 26. *Clasificación. Fisiopatología. Clínica. Protocolos osteoporosis. Sociedad Española de Medicina Interna*. Almirall Prodesfarma. Aventisa ASO43G150-5000 ACTO 1142.
- Quirumed [Suministros médicos] (Última actualización 2020) Todo sobre las plataformas vibratorias. Fecha de consulta: 30/09/2021. Recuperado de: <https://dokumen.tips/documents/todo-sobre-las-plataformas-vibratorias-pdf-709.html>
- Reina y Laffose (2014) Biomecánica del hueso: aplicación al tratamiento y a la consolidación de fracturas. *EMC – Aparato locomotor Vol. 47>nº3>septiembre 2014*. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1286-935X\(14\)68513-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1286-935X(14)68513-0).
- Rodríguez, Y.; Jiménez, Y. & Rodríguez, R. (2018) El ejercicio físico para contrarrestar la osteoporosis. *Correo Científico Médico de Holguín (3)*, ISSN 1560-2381. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu>ccm1318>
- Rosales-Aujang, E.; Muñoz-Enciso, J. & Arias-Uloa, R. (2014) Prevalencia de osteopenia y osteoporosis en mujeres posmenopáusicas y su relación con factores de riesgo. *Ginecol Obstet Mex.*; 82: 223-228. Recuperado de: www.femecog.org.mx
- Sánchez, Reyes y Mejía (2018) Manual de términos en investigación científica, tecnología y humanística. Primera edición. Editado por Universidad Ricardo

- Palma. Vicerrectorado de investigación. Lima – Perú. Recuperado de:
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>
- Santin-Medeiros, F.; Santos-Lozano. A.; Rey López, J. & Garatachea, N. (2015) Effects of eight months of whole body vibration training on hip bone mass in older women. *Nutr. Hosp.*; 31 (4):1654-1659. DOI: 10.3305/nh.2015.31.4.8441
- Sitati FC, Gichangi P, Obimbo MM. Prevalence of osteoporosis and its associated factors among postmenopausal women in Kiambu County, Kenya: a household survey. *Arch Osteoporos.* 2020 Feb 28; 15(1):31. doi: 10.1007/s11657-020-0685-z.
- Sotelo, W. & Calvo, A. (2011) Niveles de vitamina D en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis primaria. *Rev.Med. Hered* 22 (1). DOI: 10.20453/rmh.v22i1.1094
- Stania, Juras, Slomka, Chmielewska y Król (2016) The application of whole-body vibration in physiotherapy – A narrative review [La aplicación de vibración de cuerpo completo en fisioterapia – Una recopilación narrativa] *Physiology International, Volumen 103 (2) pp.133-145.* DOI: 10.1556/036.103.2016.2.1
- Tortora y Derrickson (2006) Principios de Anatomía y Fisiología 11ª Edición. *Editorial Médica Panamericana.* Buenos Aires, Bogota, Caracas, Madrid, México y Saó Paulo. Recuperado de: www.medicapanamericana.com/tortora
- Turner S, Torode M, Climstein M, Naughton G, Greene D, Baker MK, (2011) Fiatarone Singh MA: A randomized controlled trial of whole body vibration exposure on markers of bone turnover in postmenopausal women. *J. Osteoporos.* 2011, 710387 DOI: 10.4061/2011/710387.
- Vasconcellos, Schutz y dos Santos (2014) The interference of body position with vibration transmission during training on a vibrating platform [La interferencia de la posición del cuerpo con la transmisión de la vibración durante el entrenamiento en la plataforma vibratoria] *Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano.* 1Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pos-Graduacao em Educacao Fisica. Florianopolis, SC, Brasil. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n6p597>
- Weber-Rajek, Mieszkowski, Niespodzinski y Ciechanowska (2015) Whole-body vibration exercise in postmenopausal osteoporosis [Ejercicio de vibración de cuerpo completo en osteoporosis postmenopáusicas] *Prz Menopauzalny*; 14(1): 41 – 47. DOI: 10.5114/pm.2015.48679

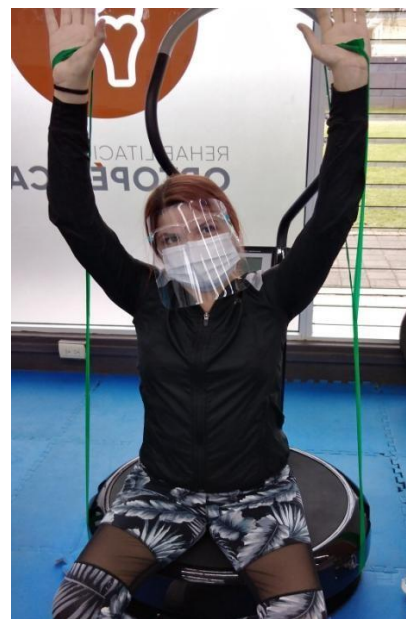
Anexos

Tabla 11 Protocolos de tratamiento

Estudio	Sujetos	Tratamiento vibratorio	Dosificación	Posturas
Bemben, et. al., 2010	55 mujeres postmenopáusicas en edades entre 56 a 71 años	Entrenamiento de resistencia en plataforma vibratoria	Frecuencia: 30 – 40 Hz Magnitud: 2.16 – 2.8 g	1) Sentado en la plataforma, haciendo levantamiento de hombros y parado en plataforma aducción/abducción de cadera 2) Sentado en la plataforma flexión de muñecas con cuerdas sujetas a la plataforma y halar cinta elástica en puntas del pie 3) Parado en la plataforma haciendo sentadillas, presión de piernas y flexión/extensión de cadera.
Karakiriuo, et. al., 2012	33 mujeres postmenopáusicas en edades entre 46 a 62 años	Vibración de cuerpo completo en postura estática	Frecuencia: 35 – 40 Hz Magnitud: 3.7 – 4.8 g	1) Parado en la plataforma manteniendo una flexión de rodilla de 90° 2) Sosteniéndose de la barra se mantiene en una sola pierna sobre la plataforma
Lai, et. al., 2013	28 mujeres postmenopáusicas entre 46 a 69 años	Vibración de cuerpo completo en postura estática	Frecuencia: 30 Hz Magnitud: 3.2 g	Parado en la plataforma con extensión completa mantenida
Verschueren, et. al. 2004	70 mujeres postmenopáusicas entre 58 a 74 años	Entrenamiento de resistencia en plataforma vibratoria	Frecuencia: 35 – 40 Hz Magnitud: 2.28 – 5.09 g	1) Sentadilla 2) Sentadilla profunda 3) Sentadilla con piernas abiertas 4) Sentadilla con una pierna 5) Desplante

Fratini, et. al 2016. Exposición de vibración en los documentos experimentales expuestos en la meta-análisis.

Posturas adoptadas en los ejercicios de resistencia de Bemben, et. al. en 2010. Número 1)





Posturas adoptadas en los ejercicios de resistencia de Bemben, et. al. en 2010. Número 2)





Posturas adoptadas en los ejercicios de resistencia de Bembem, et. al. en 2010. Número 3)





Posturas adoptadas en la aplicación vibratoria de Karakiriuo, et. al. en 2012.

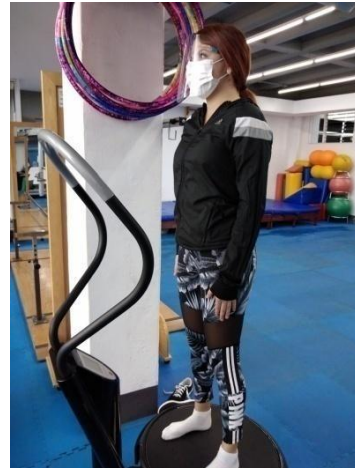
Número 1)



Número 2)



Postura adoptada en la aplicación vibratoria de Lai, et. al. en 2013.



Posturas adoptadas en los ejercicios de resistencia de Verschueren, et. al. en 2004.

Número 1)

Número 2)



Número 3)



Número 4)



Número 5)

