



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en Osteopatía y Terapia manual

Efectos del ejercicio físico con banda elástica en mujeres mayores de 65 años durante 12 meses. Estudio comparativo sobre densidad ósea, componentes sanguíneos, estabilidad, antropometría y dolor.

Autor:

María Cinta Gómez Tomás

Directores:

Dr. D. Yasser Al Akhdar Mohmara

Dr. D. Antonio Cano Sánchez

Dr. D. José Luis Martínez Gil

Murcia, Junio de 2016



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en Osteopatía y Terapia manual

Efectos del ejercicio físico con banda elástica en mujeres mayores de 65 años durante 12 meses. Estudio comparativo sobre densidad ósea, componentes sanguíneos, estabilidad, antropometría y dolor.

Autor:

María Cinta Gómez Tomás

Directores:

Dr. D. Yasser Al Akhdar Mohmara

Dr. D. Antonio Cano Sánchez

Dr. D. José Luis Martínez Gil

Murcia, Junio de 2016

Agradecimientos

Han pasado 3 años largos desde que me sumergí en este proyecto, un proyecto con el que he convivido muchas situaciones de mi vida. Tener paciencia no es esperar sino mantener una buena actitud mientras trabajas para alcanzar un objetivo. Esto significa perder estabilidad y comodidad por un tiempo. Aquí finaliza mi etapa académica dándome cuenta de que cada vez que llueve, deja de llover, cada vez que sales herido, te sanas y después de la oscuridad siempre sale el sol.

A mis directores de Tesis, Yasser Al Akdhar, José Luis Martínez y Antonio Cano, por guiar mi trabajo y dedicar parte de vuestro tiempo en ello.

A Yasser Al Akdhar como amigo, ocho son los años que nos conocemos y siempre me has ofrecido tu ayuda, esté o no en tu mano.

A Isabel Castillo, por sus palabras como paciente, como profesional y como persona. Por tu temperamento firme y seguro que te hacen ser un ejemplo a seguir.

A Emilio Soria, José Casaña y Josep Benítez por decirme las cosas de manera clara y concisa e invertir de manera altruista vuestro tiempo en este proyecto.

A la Universitat de València y al Departamento de Fisioterapia, por prestarme sus instalaciones para poder llevar a cabo las actividades.

A Alejandra, Ángela, Lucía y Marta, por el apoyo que me habéis dado durante este proceso y mis otras historias, por la constancia y ánimo diario, por ser tan diferentes entre vosotras y a la vez conocerme tanto.

A Bei, por tus profundas reflexiones acerca de la vida, por enseñarme que aunque la vida te golpea, tu actitud es la que define como te vas a levantar.

A Teresa, por su compañía incansable, por toda la energía que me trasmites, ya venga de tu mano o bien dentro de un frasco, por levantarme, empujarme y bailar conmigo cuando me era imposible.

A Jose, por aparecer en mi vida en el momento mas apropiado, con tu nombre y tus peculiaridades. Desde la explicación de la teoría de las partículas pasando por horas de baile y vino, tu ayuda, constancia y positividad ha dado la forma a muchos puntos de mi vida.

A Rosa María, por restaurar mi subconsciente rumbo a un lienzo en blanco para que yo pueda dibujar mi vida, aquella que sueño cada noche.

A David, por motivar el "sprint" final de esta carrera de larga distancia.

A Aleix por hacer un pequeño hueco en su agenda y ayudarme en la traducción de este trabajo.

Y por último a mi familia, Vicente, Ana y en especial a mis padres, conocedora de vuestro esfuerzo sois las personas por las que he llegado aquí.

Pel teu silenci

i pel teu crit

Índice general

Resumen/Abstract	XI
CAPÍTULO: Introducción	1
1. Introducción	3
1.1. Envejecimiento demográfico	4
1.1.1. Envejecimiento en España	6
1.1.2. Perfil femenino	7
1.1.2.1. Menopausia y sus relaciones	9
1.2. Pérdida ósea y edad	10
1.2.1. Fisiología del hueso	11
1.2.1.1. El tejido óseo y sus funciones	11
1.2.1.2. Tipos de huesos	11
1.2.1.3. Composición del hueso	13
1.2.1.4. Remodelado óseo y su regulación	14
1.2.2. Osteoporosis	15
1.2.2.1. Concepto	15
1.2.2.2. Clasificación	16
1.2.2.3. Factores de riesgo	17
1.2.2.4. Prevalencia	18
1.2.2.5. Diagnóstico	19
1.2.2.6. Tratamientos	25
1.2.2.7. Prevención	29
1.3. Concepto de envejecimiento saludable	29

1.4. Beneficios del ejercicio físico en personas mayores	30
1.5. Principios básicos del ejercicio físico	36
1.6. Principios del ejercicio físico para la salud	37
1.7. Componentes clave en la programación de la actividad física en personas mayores	37
1.8. Equipos para el desarrollo de la fuerza	42
1.8.1. Bandas elásticas	42
1.8.1.1. Resistencia y color	45
1.8.1.2. Intensidad de los ejercicios con banda elástica	46
1.8.1.3. Principios básicos de posición para el trabajo con banda elástica	47
1.8.1.4. Manejo, conexión y aseguramiento de las bandas de resistencia	48
1.8.1.5. Beneficios de las bandas elásticas	49
1.9. Justificación del estudio	51
1.10. Hipótesis y objetivos del estudio	55

CAPÍTULO: Material y método 57

2. Material y método	59
2.1. Diseño del estudio	59
2.1.1. Población de estudio y análisis de la muestra	59
2.1.2. Criterios de selección de la muestra	60
2.1.3. Protocolo de toma de datos. Consentimiento informado	62
2.2. Instrumentos de evaluación	62
2.2.1. Material antropométrico	62
2.2.2. Material para valoración de la DMO	63
2.2.3. Material extracción sanguínea	64
2.2.4. Material para la valoración límites de estabilidad	65

2.2.5.	Material para la valoración del dolor	66
2.2.6.	Material para la realización del trabajo	67
2.3.	Temporización del estudio	68
2.4.	Desarrollo de las fases	69
2.4.0.1.	Fase 1 de trabajo con banda elástica	77
2.4.0.2.	Fase 2 de trabajo con banda elástica	78
2.4.0.3.	Fase 3 de trabajo con banda elástica	78
2.5.	Tratamiento estadístico	82

CAPÍTULO: Resultados 83

3. Resultados 85

3.1.	Bloque 1: Modelo de redes neuronales de los mapas auto-organizados (SOM)	85
3.1.1.	Perfil de la muestra	85
3.2.	Bloque 2: Modelo Lineal General en Estadística	88
3.2.1.	Comparación de los grupos: GE y GC o factor comparación de normalidad	88
3.2.2.	Análisis de las diferencias entre el pre test y el pos test en el GE según variables	92
3.2.2.1.	Parámetro relacionado con el dolor	92
3.2.2.2.	Parámetros relacionados con la estabilidad	93
3.2.2.3.	Parámetros relacionados con factores cardiovasculares	94
3.2.2.4.	Parámetros relacionados con la masa ósea	100
3.2.2.5.	Parámetros relacionados con el metabolismo de los hidratos de carbono.	105
3.2.2.6.	Parámetros relacionados con factores hormonales	106
3.2.2.7.	Parámetros relacionados con la antropometría.	106

CAPÍTULO: Discusión	111
4. Discusión	113
4.1. Limitaciones del estudio y proyecciones futuras	122
CAPÍTULO: Conclusiones	123
5. Conclusiones	125
BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	127
Bibliografía	126
Anexos	155
A. Comité de Ética Hospital Dr. Peset Aleixandre	157
B. Comité de Ética Universidad Católica San Antonio de Murcia	159
C. Consentimiento informado Universidad Católica San Antonio de Murcia	163
D. Probabilidad de fractura osteoporótica más importante a 10 años en mujeres españolas según el IMC para FRAX®	167
E. Probabilidad de fractura de cadera a 10 años en mujeres españolas según el IMC para FRAX®	171

Índice de figuras

1.1. Evolución de la población mayor en España, 1900-2050	7
1.2. Inmunohistoquímica positiva para receptores estrogénicos alfa y beta en osteoblastos y osteoclastos	10
1.3. Visión general de la osteoporosis	16
1.4. Versión española de FRAX®. Herramienta de cálculo.	23
1.5. Umbrales de intervención según la National Osteoporosis Guideline Group (NOGG) en el Reino Unido	24
1.6. Esquema visual del tratamiento entre la edad y el tipo de agente para prevenir o tratar la osteoporosis	26
1.7. Curva de fuerza de los tubos elásticos de Thera-Band®	44
1.8. Ángulo de fuerza: Ángulo creado entre la resistencia elástica y el bra- zo palanca.	45
1.9. Escala de esfuerzo percibido con bandas de resistencia Thera-Band® (ONMI-RES)	47
1.10. Sujeción banda elástica en la mano	48
1.11. Sujeción banda elástica en el pie	48
2.1. Esquema del procedimiento de selección de la muestra.	61
2.2. Tallímetro	62
2.3. Cinta métrica	63
2.4. Absorciometría de rayos X con doble energía: DXA	63
2.5. Herramienta FRAX®	64
2.6. Plataforma de fuerzas Dinascan/IBV P600	66
2.7. Pantalla de resultados de las pruebas NedSVE/IBV de los límites de estabilidad	66

2.8. Escala unidimensional verbal numérica (NRS)	67
2.9. Colchoneta	67
2.10. Bandas elásticas	67
2.11. Cronograma del programa por fases	68
3.1. Mapa de ganadoras: distribución de sujetos según patrones de comportamiento	86
3.2. Zonas de análisis del mapa auto-organizado	86
3.3. Mapa de componentes del mapa auto-organizado	87
3.4. Proporción de mujeres según factores de riesgo clínico (FRC) para la herramienta FRAX®.	91
3.5. Valoración del dolor según la escala numérica del dolor (NRS)	93
3.6. Test de estabilidad	94
3.7. Valores de la PCR-Ultrasensible en suero	97
3.8. Valores de la Tasa de Filtrado Glomerular (TFG)	99
3.9. Valores de la Creatinina en suero	99
3.10. Valor de la T-Score según DEXA	102
3.11. Algoritmo de clasificación de niveles de riesgo aplicando los umbrales de la NOGG (National Osteoporosis Guideline)	104
3.12. Perímetro del brazo	108
3.13. Perímetro del antebrazo	108
3.14. Perímetro del muslo	109
3.15. Perímetro de la pierna	109
3.16. Perímetro de la cintura abdominal	110
3.17. Medida del peso corporal	110

Índice de tablas

1.1. Factores de riesgo para la osteoporosis	18
1.2. Clasificación de los valores de DMO según la OMS	20
1.3. Hormonas y ejercicio	33
1.4. Métodos para determinar la intensidad del ejercicio	41
1.5. Kilogramos de resistencia al usar la resistencia de las bandas Thera- band ®.	44
1.6. Escala de esfuerzo percibido de Borg	46
2.1. Tabla equivalencia de intensidades de ejercicio	77
2.2. Ejercicio 1. Trabajo con banda elástica para la flexión/extensión de codo	79
2.3. Ejercicio 2. Trabajo con banda elástica para la flexión/extensión de hombro	79
2.4. Ejercicio 3. Trabajo con banda elástica para la abducción/aducción de hombro	80
2.5. Ejercicio 4. Trabajo con banda elástica para la abducción/aducción de cadera	80
2.6. Ejercicio 5. Trabajo con banda elástica para la flexión/extensión de rodilla	81
2.7. Ejercicio 6. Trabajo con banda elástica para la flexión plantar/dorsal del pie	81
3.1. Valores medios de los parámetros analizados para el GE y el GC . . .	89
3.2. Valores medios de los parámetros analizados para el GE y el GC . . .	90
3.3. Valoración del dolor según la escala numérica del dolor (NRS)	92
3.4. Puntuación media en la prueba de los límites de estabilidad.	94

3.5. Características bioquímicas en suero respecto al perfil lipídico, hepático y composición corporal	96
3.6. Características bioquímicas en base al perfil renal como factor pronóstico de las enfermedades cardiovasculares	98
3.7. Características bioquímicas en suero relacionadas con la masa ósea y datos densitométricos.	101
3.8. IMC según FRC establecidos según FRAX®.	103
3.9. Probabilidad de fractura de pre y pos test. Riesgo de fractura osteoporótica principal y fractura de cadera a 10 años.	104
3.10. Características bioquímicas en suero relacionadas con el metabolismo de los hidratos de carbono. Evaluación modelo Homeostático HOMA	105
3.11. Características bioquímicas hormonales en suero. Nivel de Tirotrona (TSH).	106
3.12. Parámetros relacionados con la antropometría.	107

Índice de Abreviaturas

ACSM: American College of Sport Medicine.

AHA: American Heart Association.

BMU: Unidad Multicelular Básica

CDC: Center for Disease Control and Prevention.

DE: Desviación Estándar.

Dcho: Derecho.

DMO: Densidad Mineral Ósea.

DXA: Dual-energy X-ray Absorptiometry.

FSH: Hormona Folículoestimulante.

FRAX: WHO Fracture Risk Assessment Tool.

GC: Grupo Control.

GE: Grupo Experimental.

HDL: High Density Lipoprotein.

HOMA: Homeostasis Model Assessment.

IMC: Índice de Masa Corporal.

ISAK: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

ISCD: International Society for Clinical Densitometry.

Izdo: Izquierdo.

NOF: National Osteoporosis Foundation.

NOGG: National Osteoporosis Guideline Group.

NRS: Numeric pain Rating Scale.

LDL: Low Density Lipoprotein.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PTH: Parathormona.

ERs: Strogen Receptors.

RPE: Rango de Esfuerzo Percibido.

SERM's: Selective Estrogen Receptor Modulators.

THS: Tratamiento Hormonal Sustitutivo.

WHO: World Health Organization.

Resumen/Abstract

Resumen

En los últimos años, en los países desarrollados y concretamente en España, está aconteciendo un progresivo envejecimiento de la población debido al descenso de la natalidad y al aumento de la esperanza de vida, siendo el sexo femenino el más predominante. Sin embargo, este aumento de años muchas veces es a expensas de años con peor salud.

Durante muchos años gran parte de las investigaciones en este ámbito se han centrado en la supervivencia y en las posibles intervenciones para prolongar la esperanza de vida en lugar de contemplar el envejecimiento como un compromiso total con la vida, con inclusión de actividades y relaciones interpersonales, con aumento de las funciones físicas y cognitivas, es decir, como un proceso saludable.

A medida que avanza la edad, en la mayoría de los sistemas fisiológicos del organismo hay un deterioro estructural y funcional incluso en la ausencia de enfermedad discernible. Sin embargo, a la mujer se le añade el correlato sintomático que sigue a la caída hormona en la menopausia y que afecta a los tejidos que tienen un papel homeostático relevante, como es el caso del metabolismo óseo. De una manera o otra, ya sea debido a la edad como debido al género, el sexo femenino es vulnerable de padecer enfermedades en esta etapa de la vida.

El presente trabajo científico se centra en ofrecer calidad de vida a las mujeres mayores de 65 años y por lo tanto posmenopáusicas mediante el ejercicio físico con resistencia como medida de prevención. El objetivo del mismo es conocer que efectos producen 12 meses de ejercicio físico moderado con banda elástica sobre la pérdida ósea y consecuentemente el riesgo de osteoporosis y las alteraciones fisiológicas y estructurales producidas por el avance de la edad (factores cardiovasculares, renales, hidrocarbonados, dolor músculo esquelético, antropometría y estabilidad).

Abstract

Over the last few years, an ongoing population aging is a fact all along developed countries, particularly in Spain, on account of a drop of birth rate and a rise of life expectancy. However living longer does not necessarily result in better quality of life.

During many years, most studies in this field have focused on survival issues and on possible ways of extending life expectancy, instead of picturing aging as a matter of a total commitment to life itself, creating activities and interpersonal relationships, increasing physical and cognitive functions what is to say, as a healthy process.

As we get older, the majority of physiologic organic systems become structurally and functionally deteriorated, even in the absence of any visible disease. In addition, women suffer symptoms related to menopause hormone drop that affect tissues, which have a homeostatic relevant role, being the case of bone metabolism. One way or another, owing to age or gender, female sex is vulnerable to get diseases during this life stage.

The present scientific paper is focused on offering quality of life to women who are over 65 years old (and, therefore, post-menopausal) through resistance physical exercise as a preventive measure. The main objective is to know the effects that twelve months of moderate physical exercise with elastic band have on bone loss, and consequently, on osteoporosis risk and physiologic and structural disorders related to aging (cardiovascular, renal and hydrocarbon factors, musculoskeletal pain, anthropometry and stability).

CAPÍTULO: Introducción

1. Introducción

La sociedad Europea está experimentando importantes cambios demográficos y epidemiológicos los cuales exigen prestar atención a las necesidades futuras tanto de promoción de la salud como de prevención de enfermedades. Combatir las consecuencias físicas del envejecimiento es actualmente una prioridad ya que se prevé que este sector represente el 25 % de la población en el 2050¹. Para ello el progreso científico es necesario.

En el 2007 la American College of Sport Medicine (ACSM) y la American Heart Association (AHA) publicaron que, en la mayoría de los casos, las directrices "vejez" se aplican a las personas mayores de 65 años. No obstante también pueden ser relevantes para los adultos mayores de 50-64 años con enfermedades crónicas clínicamente significativas o limitaciones funcionales que afectan la capacidad de movimiento, la condición física o la actividad física².

El envejecimiento es un proceso complejo que involucra muchos factores que interactúan entre sí, incluyendo los propios del proceso de envejecimiento, los efectos secundarios (que resultan del comportamiento de enfermedades crónicas y estilo de vida) y los factores genéticos³. Con el avance de la edad, el deterioro estructural y funcional se produce en la mayoría de los sistemas fisiológicos, incluso en la ausencia de enfermedad discernible. Hay un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónico-degenerativas⁴ y de trastornos musculoesqueléticos degenerativos como la osteoporosis, la artritis y la sarcopenia^{5,6}. En el sexo femenino, hay que añadir a este riesgo, las posibles consecuencias que sigue a la caída hormonal en la menopausia⁷, por ejemplo, en la séptima década las mujeres han perdido el 30 % de su masa ósea, mientras que los hombres pierden sólo el 15 %^{8,9}.

Sin embargo, la actividad física regular modifica sustancialmente dichos riesgos. La práctica diaria de estilos de vida activos juega un papel importante en la

prevención de enfermedades crónicas-degenerativas¹⁰.

La ciencia avanza en su conocimiento a través de la observación de los fenómenos que estudia, del planteamiento de hipótesis experimentales, del diseño de experimentos y del control de las variables que intervienen en los fenómenos. Este progreso no podría realizarse sin el avance conjunto de los métodos de análisis estadístico¹¹.

En este capítulo se realizará en primer lugar una introducción relativa al proceso del envejecimiento demográfico y a las repercusiones que produce sobre el organismo, en concreto en el sexo femenino. Seguidamente se explicarán los beneficios que el ejercicio físico entendido como aquella actividad física planificada, estructurada, repetitiva y dirigida hacia un fin puede ofrecer a este sector de población¹².

En segundo lugar se describirán las características de la población de referencia realizando para ello un ensayo sobre la utilidad del modelo de redes neuronales de los mapas auto-organizados (SOM), introduciendo el concepto de aprendizaje máquina. Finalmente se analizarán los resultados obtenidos en el estudio mediante el uso del Modelo Lineal General en Estadística.

1.1. ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO

El envejecimiento de la población es el aumento de la proporción de las personas de edad avanzada sobre el total de la población. Desde una perspectiva geodemográfica, hace referencia a un proceso con dimensión temporal (pasado, presente, futuro) y con una dimensión territorial; son poblaciones concretas y diferenciadas que habitan, ocupan y utilizan un ámbito delimitado. Con distintas cronologías, son consecuencia positiva del control de la mortalidad (hambre, guerras, epidemias) mediante mejoras en las condiciones de vida y sanidad. Es universal, dado que actualmente los descensos de la fecundidad y el aumento de la esperanza de vida ocurre en prácticamente todos los países¹³.

En 2002, la Organización de las Naciones Unidas en su informe *World Population Ageing 1950-2050* afirmó que el envejecimiento poblacional es un triunfo pero al mismo tiempo un reto¹⁴. Se considera un triunfo porque nunca se había alcanzado una esperanza de vida tan alta como lo es actualmente y porque este sector realiza importantes contribuciones a la sociedad. Dicho informe aporta cuatro conclusiones fundamentales:

1. El envejecimiento de la población carece de precedentes y no tiene paralelos en la historia de la humanidad. La población de personas de edad aumenta a razón de un 2 % por año más rápido que la población total. Es decir, en los próximos 25 años, este sector de población continuará aumentando con más rapidez que ningún grupo de edad, pasando a ser su tasa anual de crecimiento a 2,8 % entre 2025 y 2030. Dicho de otra manera, para 2050, por primera vez en la historia, las personas de edad en el mundo superarán en número a los jóvenes.
2. La tendencia al envejecimiento es duradera. Se ha de tener en cuenta que la misma población de edad está envejeciendo, es decir un envejecimiento dentro de este propio grupo etario. El grupo de personas de 80 años o más está alcanzando una tasa anual de 3,8 % constituyendo más de la décima parte del total de personas de edad.
3. Se trata de un fenómeno mundial que afecta a todos los hombres, mujeres y niños aunque la mayoría de las personas de edad son mujeres. De igual manera que afecta a todos los países (desarrollados y en desarrollo) aunque este fenómeno es mucho más rápido en los países en desarrollo. Este aumento de la longevidad de la población se traduce para los países desarrollados en una reducción de años vividos en mala salud, mientras que para los países en vías de desarrollo supone una atención sanitaria limitada.

4. Las causas del envejecimiento de la población son variadas y tiene sus orígenes en los siglos XIX y XX. La explotación demográfica o el termino "*baby boom*" que tuvo lugar tras la segunda guerra mundial (1946-1964) aplazó temporalmente el envejecimiento de la población para acelerarlo en la actualidad. Durante un período de casi 20 años la natalidad se incrementó a un nivel sin precedentes en Europa, EEUU, Canadá, Australia y Nueva Zelanda entre otros países. Los descensos de la fecundidad y el éxito a la hora de postergar la muerte o alargar la esperanza de vida han producido y continúan produciendo cambios sin precedentes en las estructuras de todas las sociedades.

1.1.1. Envejecimiento en España

Los informes anuales editados por el Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) afirman que respecto a la población española las conclusiones que se obtienen son muy parecidas. Desde el 1900 hasta la actualidad la población española se ha multiplicado por 2,5, remarcando que el grupo de edad de 65 años se ha multiplicado por 8¹⁵.

Es más, en España el fenómeno "*baby boom*" se produjo más tarde que en el resto de Europa, de mediados de los 60 a finales de los 70. Durante el periodo de posguerra, el optimismo generalizado por el final de la guerra y la mejora de la situación económica del país favoreció la nupcialidad y la natalidad de más de 640.000 niños al año. Este hecho hace que a partir del 2020, las generaciones del "*baby boom*" empezarán a alcanzar los 65 años. De esta manera y siguiendo la tendencia actual respecto a la fecundidad (2,8 hijos por mujer en 1975 a 1,3 en el año 2011) y el alargamiento de la esperanza de vida al nacer (79,2 años para los hombres y 85 años para las mujeres) se hará más visible que la población de 65 años con preponderancia femenina represente más de un tercio del total de la población en 2050. En la figura 1.1 se puede observar esta evolución al igual que el sector de personas de 80 años o más el cual pasará a representar el 14,9% en el 2050¹⁵.

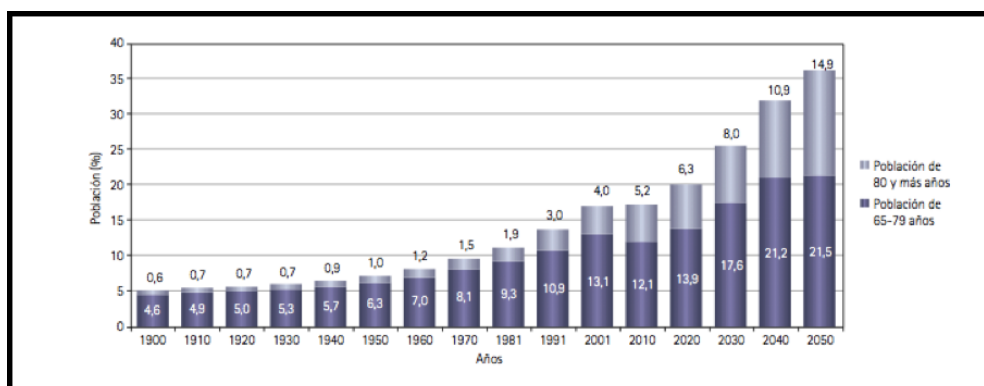


Figura 1.1: Evolución de la población mayor en España, 1900-2050¹⁵.

El envejecimiento de la población mayor también ocurre en España. Hay que destacar que en las últimas décadas España se ha convertido en un país receptor de población extranjera y parte de ella son mayores de 65 años que fijan sus residencias en las costas españolas¹⁵.

1.1.2. Perfil femenino

El sexo predominante en la vejez es el femenino. Desde principios del siglo XX a la actualidad, el número de mujeres mayores se ha triplicado. Sin embargo, en las edades más jóvenes existe un predominio del sexo masculino. Esta relación evoluciona y a lo largo de la vida llega a equilibrarse, nombrando este punto la "*edad equilibrio*". Este concepto ha ido aumentando desde mediados de siglo, empezando a ser de 14 años en el 1930 a 22 años en 1960 y estimándose para 2050 la cifra de 65 años. A partir de la edad equilibrio, la balanza entre sexos se vuelve a desequilibrar pero en este punto hacia el sexo femenino ya que la esperanza de vida para las mujeres es de 5 años más que para los hombres¹⁵.

El indicador de esperanza de vida en buena salud o bien de Esperanza de Vida Libre de Discapacidad (EVLI), define el promedio de número de años esperados que vive una persona disfrutando de buena salud (en ausencia de limitaciones funcionales o de discapacidad). En su cálculo, se distingue el colectivo de hombres y el

de mujeres, tomando datos al nacimiento y a los 65 años. Este indicador estableció que durante el periodo comprendido entre 2008-2013 el número esperado en años en buena salud era superior en los hombres. En 2013 empezó a equilibrarse, pero aún así fue ligeramente superior en los hombres. A los 65 años los hombres tuvieron 9,7 años de esperanza de vida en buena salud frente a los 9,0 años en las mujeres. Esto se reduce a que los hombres todo y tener una esperanza de vida menor en 5 años a la de las mujeres, viven más número de años con buena salud¹⁶.

Las mujeres presentan un proceso de maduración más rápido que los hombres. Su pubertad comienza antes, entre los 10-13 años para las chicas y entre los 12-15 para los chicos. Las diferencias de altura, peso corporal, perímetros y diámetros óseos entre sexos no se presentan hasta el inicio de la pubertad. Este cambio en la composición corporal es debido fundamentalmente al incremento de las hormonas sexuales (estrógenos en la mujer y andrógenos en el varón). Durante la pubertad las mujeres experimentan un incremento en su masa muscular considerablemente inferior al de los varones ya que los estrógenos aumentan el tejido adiposo mientras que los andrógenos el tejido libre de grasa. Respecto a las características antropométricas, los dos sexos presentan bastantes similitudes hasta los 10 años respecto a la longitud de pierna, circunferencia de brazo, peso corporal, talla sentado e índice ponderal. A lo largo del crecimiento, los varones presentan mayor diámetro epicondíleo de fémur y húmero, longitud de brazo, perímetro de tórax y hombro. Sin embargo las mujeres presentan un mayor diámetro de cadera con relación a la altura pero un menor tamaño del miembro superior e inferior¹⁶. Hay que añadir que las mujeres sufren una serie de condiciones especiales que influyen en su calidad de vida como el embarazo y la menopausia⁷.

Este fenómeno obliga a prestar una especial atención al perfil femenino en este proceso de la vida¹⁷. La caída hormonal de la menopausia y sus posibles consecuencias son puntos clave para la mujer y su calidad de vida en el proceso del envejecimiento.

1.1.2.1. *Menopausia y sus relaciones*

La menopausia es un hecho fisiológico que se presenta en las mujeres por encima de los 40 años de edad y que puede durar varios años, por lo general, entre 4 o 5 años. La menopausia natural se diagnostica cuando hay 12 meses de amenorrea no asociada a ninguna patología, no obstante también puede ser inducida por la cirugía, quimioterapia o radiación¹⁸. Inicialmente, las longitudes del ciclo menstrual se vuelve irregular y las concentraciones de la Hormona folículoestimulante (FSH) se elevan en respuesta a la disminución de las concentraciones de las hormonas ováricas. A medida que la transición a la menopausia progresa, los ciclos menstruales se pierden y finalmente se detienen, al igual que la ovulación.

El interés clínico que genera la menopausia es consecuencia de dos factores principales.

- El correlato sintomático que sigue a la caída hormonal producida por los estrógenos es el factor más determinante. Estos cambios hormonales producen síntomas vasomotores, sofocos nocturnos y síntomas del tracto genital inferior interfiriendo en las actividades de la vida diaria⁷.
- La consideración de las hormonas ováricas (progesterona, andrógenos y nuevamente los estrógenos de forma principal) como agentes sistémicos importantes y con repercusión sistémica. El hecho de identificarse receptores estrogénicos (ERs) en territorios distintos al aparato genital o la mama hace que la menopausia sea un factor de susceptibilidad a la enfermedad afectando a aquellos tejidos donde los estrógenos ejercen un papel homeostático relevante, como es el caso del metabolismo óseo y del aparato cardiovascular¹⁹(ver figura 1.2).

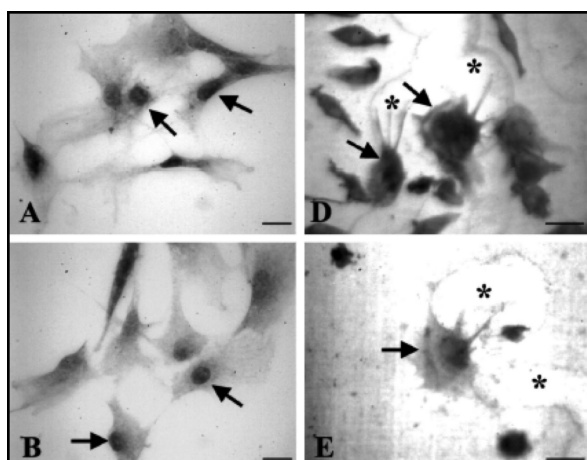


Figura 1.2: Inmunohistoquímica positiva para receptores estrogénicos alfa (paneles a y b en osteoblastos) y beta (paneles d y e en osteoclastos)¹⁹.

Respecto al metabolismo óseo la caída estrogénica de la menopausia va a suponer un incremento de la actividad resortiva y una aceleración de la pérdida de ósea que acompaña a la edad. Cuando disminuye la producción de estrógeno ovárico y los niveles séricos caen en el intervalo postmenopáusico (<30 pg/ml), se produce una pérdida ósea acelerada²⁰ con un mayor riesgo de osteoporosis²¹.

De la misma manera pero respecto a la enfermedad cardiovascular, existen receptores de estrógeno en las paredes arteriales y en las células cardíacas²¹. La enfermedad cerebrovascular y la cardíaca coronaria acumulan las cifras más altas de mortalidad tanto en hombres como en mujeres²².

En el siguiente punto se va a centrar la atención en el efecto de la caída estrogénica de la menopausia sobre el metabolismo óseo.

1.2. PERDIDA ÓSEA Y EDAD

Para poder desarrollar este apartado, se realizará un breve explicación de la fisiología, histología y recambio óseo y posteriormente se centrará la atención en la osteoporosis consecuencia de la menopausia.

1.2.1. Fisiología del hueso

1.2.1.1. El tejido óseo y sus funciones

El tejido óseo es un tejido firme, duro y resistente, el cual desempeña tres funciones bien diferenciadas. La primera función es la mecánica, manteniendo el peso corporal y sirviendo de punto de apoyo para las inserciones musculares. Seguidamente tiene una función protectora, resguardando los órganos vitales de traumatismos y albergando el sistema hematopoyético (médula ósea). Finalmente, a nivel metabólico actúa como reserva de iones y minerales (fosfato y calcio) para mantener la homeostasis sérica²³.

1.2.1.2. Tipos de huesos

Los huesos se distinguen según su forma²⁴ en:

- Huesos planos. Están compuestos de una capa de hueso esponjoso entre dos capas delgadas de hueso compacto. Tienen una forma plana, no redondeada y como ejemplo son los huesos del cráneo, de la escápula, de la mandíbula e ilion
- Huesos largos. Tienen dos extremos más anchos o epífisis, un tubo más o menos cilíndrico en el medio llamado diáfisis que contiene la cavidad medular donde se aloja la médula ósea hematopoyética y una zona de desarrollo entre ambos sectores llamada metáfisis. Como ejemplos son los huesos de la tibia, del fémur y del húmero.

Existen dos superficies óseas en las que el hueso está en contacto con las partes blandas²⁴.

- Periostio: Es la superficie externa que rodea a la superficie del hueso.
- Endostio: Es la superficie interna, la cual está formada por una membrana que tapiza a la cavidad medular y que contiene las células osteoprogenitoras.

Además, en el mismo hueso existen zonas con diferente densidad de tejido óseo que se diferencian macroscópica y microscópicamente en dos áreas:

- Área de hueso más compacto o hueso cortical.
- Área de hueso más esponjoso o hueso trabecular.

A pesar de que el hueso cortical y trabecular están compuestos por las mismas células (osteona o sistema harvesiano) y elementos matriciales presentan claras diferencias estructurales y funcionales^{24,25}.

- A nivel estructural la diferencia es cuantitativa, es decir, el 80-90 % del volumen de hueso cortical está calcificado mientras que en el hueso trabecular sólo lo está el 15-25 %, el resto está ocupado por médula ósea, vasos sanguíneos y tejido conjuntivo. El hueso cortical constituye la mayor parte de la diáfisis de los huesos largos así como la parte externa de todos los huesos del cuerpo formando una capa densa de tejido calcificado. A medida que el hueso cortical se acerca a la metáfisis y la epífisis, se va haciendo cada vez más fino y el espacio interno pasa a estar ocupado por una red de trabéculas finas calcificada. Se trata del hueso trabecular lugar donde se haya la médula ósea hematopoyética. El concepto de microarquitectura describe en el hueso trabecular el entramado de trabéculas y en el cortical su porosidad.
- A nivel funcional, el hueso cortical desempeña principalmente aunque no de forma exclusiva, una función mecánica y protectora dado que el 70-85 % de la superficie contacta con las partes blandas. Por otro lado el hueso trabecular realiza principalmente una función metabólica.

1.2.1.3. Composición del hueso

El hueso esta formado principalmente por tejido óseo, tejido conjuntivo especializado y elementos celulares²⁶.

■ Matriz extracelular

- Componente orgánico. El principal componente orgánico de la matriz extracelular es la proteína colágeno tipo I que supone aproximadamente el 90 % de la matriz ósea orgánica y que confiere resistencia al estrés mecánico. El restante 10 % son proteínas no colágenas (glucoproteínas y proteoglicanos) como son: la osteonectina, la osteocalcina, osteoprotegerina, osteopontina y sialoproteínas.
- Componente inorgánico. Las sales minerales en forma cristalizada (carbonato cálcico, magnesio, flúor sodio etc.) y en particular los cristales de hidroxiapatita o fosfato cálcico ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$) se distribuyen a lo largo de la red que forma el colágeno y cristalizan.

- Componente celular. Las células que forman el tejido óseo son los osteoblastos, osteocitos, células de revestimiento superficial y osteoclastos. Cada una de estas células tiene una función diferente, por lo que todas son necesarias para mantener la estructura ósea, la mecánica del hueso y la homeostasis mineral. Hay que remarcar que el hueso está en renovación continua durante toda la vida, experimentando procesos de resorción y de formación ósea.

- Osteoblastos. Son las células secretoras responsables de la producción de los componentes de la matriz (colágeno y sustancia fundamental) y se localizan en las superficies óseas. Actúan siempre sintetizando la matriz tras un proceso de resorción ósea (ver apartado *Remodelado óseo*). Expresan receptores para la parathormona (PTH), receptores para las prostaglandinas, ER's y receptores para la vitamina D3 también actúan es-

estimulando al osteoblasto en la fase del remodelado óseo (ver apartado *Remodelado óseo*) o inhibiéndolo como es el caso de los corticoides²⁷.

- Osteocitos. Son las células de la matriz ósea (sintetizada por los osteoblastos) calcificada y se distinguen de los osteoblastos ya que expresan algunas proteínas de la membrana específicas y prolongaciones celulares largas que están en contacto con otros osteocitos y también con osteoblastos o células de revestimiento²⁸. Cuando se organizan durante la formación de la matriz, antes de su calcificación, forman una red de conductillos finos que están presentes en toda la matriz ósea y cuya función es la comunicación intercelular²⁹. Dicho de otra manera, son los encargados de comunicar al osteoblasto que existe una lesión en el hueso y por lo tanto hay que iniciar el proceso de formación ósea³⁰.
- Células de revestimiento. El osteoblasto puede convertirse tras el periodo secretor de los componentes de la matriz en osteocito o en célula de revestimiento. En el caso de célula de revestimiento, estas se disponen en forma de mono capa sobre las superficies óseas para protegerlas. Por otro lado, también facilitan el trabajo a los osteoclastos³¹.
- Osteoclastos. Es la célula responsable de la resorción ósea y se encuentra en las superficies óseas calcificadas, dentro de las lagunas de Howship que se forman como resultado de su propia actividad resorptiva.

1.2.1.4. *Remodelado óseo y su regulación*

El hueso se encuentra en un continuo proceso de renovación dado que su principal función es sustituir el tejido óseo envejecido o lesionado por tejido nuevo conservando la integridad estructural y manteniendo la homeostasis mineral. Para ello, el metabolismo óseo presenta dos actividades opuestas, la de formación de hueso nuevo, actividad realizada por los osteoblastos y la de resorción de hueso viejo, actividad realizada por los osteoclastos.

Este proceso se lleva a cabo por unas estructuras anatómicas llamadas Unidades Básicas de Remodelado (BMU). Para activar el proceso se necesita un estímulo específico, en este caso se cree que el estímulo indicado para esta activación es una lesión en el hueso, ya sea debido a una micro fractura o bien a algún tipo de estrés mecánico o químico^{24,30,32}. Esta lesión produce la muerte de los osteocitos generando la señal de alerta a los osteoclastos y activando un BMU.

Un desequilibrio entre los fenómenos de resorción-formación ósea puede derivar en enfermedad ósea como el caso de la osteoporosis y osteopenia.

1.2.2. Osteoporosis

1.2.2.1. Concepto

A principios del siglo XIX, un cirujano Inglés, Astley Cooper habló sobre "*la ligereza y suavidad que los huesos adquieren en las etapas más avanzadas de la vida*" y que "*...este estado de los huesos favorece mucho la producción de fracturas*"³³. Al mismo tiempo, el término osteoporosis fue acuñado por Johann Lobstein el cual describió que el trastorno era probablemente la osteogénesis imperfecta³⁴. En 1940, el médico estadounidense y endocrinólogo Fuller Albright describe la osteoporosis posmenopáusica y propone que era la consecuencia de la formación de hueso deteriorado debido a la deficiencia de estrógenos³². Este concepto siguió tomando diferentes formas y finalmente fue reemplazado por el concepto actual.

La osteoporosis representa un trastorno continuo en el que múltiples mecanismos patogénicos convergen para causar la disminución de la densidad ósea con deterioro de la micro arquitectura esquelética que lleva a la fragilidad y en consecuencia incrementa el riesgo de susceptibilidad de fractura³². Las fracturas por fragilidad son las implicadas en el importante aumento de morbilidad y pérdida de calidad de vida atribuibles a esta enfermedad³⁵ siendo las fracturas de muñeca, vertebrales y de cadera las más importantes, como se puede ver en la siguiente figura 1.3.

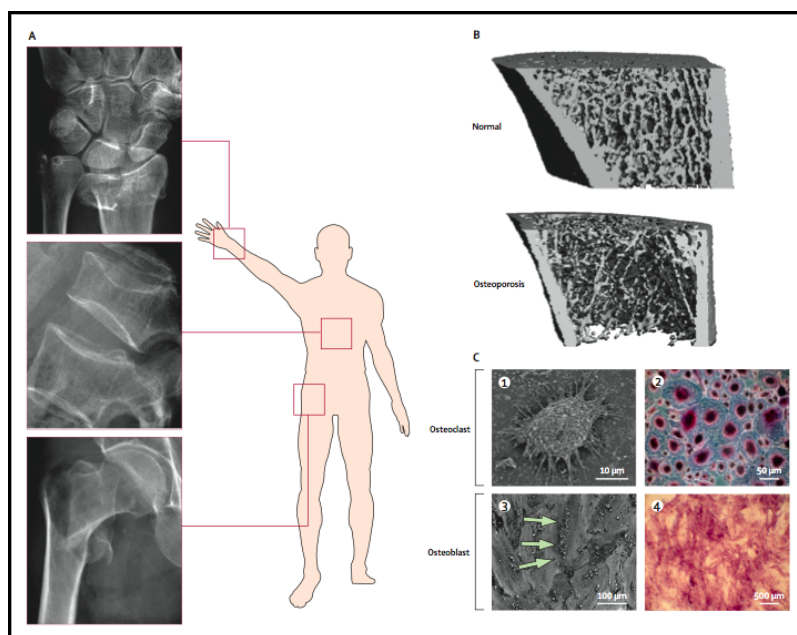


Figura 1.3: Visión general de la osteoporosis³⁶. En el apartado A se visualizan las fracturas más importantes: muñeca, vertebra y cadera. El apartado B muestra microtomografía con marcado adelgazamiento trabecular del hueso osteoporótico en comparación con el hueso normal. El apartado C muestra vistas microscópicas de los osteoclastos de resorción ósea y los osteoblastos formadores de hueso: (1) osteoclastos con su morfología distintiva; (2) tinción de la fosfatasa ácida resistente al tartrato de los osteoclastos multinucleados; (3) múltiples osteoblastos (puntas de flecha blancas) en la matriz mineralizada; (4) tinción de fosfatasa alcalina de osteoblastos.

1.2.2.2. Clasificación

Hay dos tipos de osteoporosis: primaria y secundaria.

- Osteoporosis primaria.
 - Idiopática. Afecta a niños en función gonadal iniciándose generalmente entre los 8-14 años de edad (osteoporosis juvenil), también afecta a varones jóvenes y mujeres premenopáusicas en las que no se observa ningún valor etiológico. Este trastorno aparece en algunas mujeres embarazadas o poco después del mismo (osteoporosis en el adulto joven).

- Involutiva. Puede ser tipo I o posmenopáusica afectando fundamentalmente a mujeres entre 51-75 años de edad o tipo II o senil afectando a mujeres o hombres mayores de 70 años y se caracteriza por una pérdida de hueso trabecular y cortical, pero de forma no acelerada como consecuencia de un déficit en la función de los osteoblastos.
- Osteoporosis secundaria. Se clasifica en este grupo a todos aquellos casos que son una consecuencia o una manifestación de otras enfermedades o de sus tratamientos; inmovilización tras fracturas, hipogonadismo, desórdenes endocrinos, genéticos, gastrointestinales o por medicamentos³⁷.

1.2.2.3. Factores de riesgo

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) un factor de riesgo es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión. En el caso de la osteoporosis su consecuencia determinante es la fractura. De hecho, cada localización específica de fractura tiene un perfil de factores de riesgo determinado. Generalmente no actúan de forma aislada sino que es la combinación de varios de ellos lo que aumenta significativamente el riesgo de fractura³⁸.

La etiopatogenia de la osteoporosis es desconocida. En la siguiente tabla 1.1 se puede observar los factores de riesgo para esta enfermedad.

Tabla 1.1: Factores de riesgo para la osteoporosis³⁹.

Factores de riesgo	
Modificables	No modificables
Actividad física escasa: sedentarismo	Edad
Escasa ingestión de Calcio	Sexo (mujer)
Dieta hiperprotéica	Genética
Tabaco	Menopausia
Abuso del alcohol	Hipogonadismo
Abuso del café	Enfermedades Endocrinas
Corticoides	Enfermedades Reumatológicas
Inmunosupresores	Enfermedades Nutricionales
Anticoagulantes	Enfermedades Digestivas
IMC	Neoplasias

1.2.2.4. Prevalencia

La osteoporosis es la enfermedad metabólica ósea más frecuente. Según los criterios de la OMS, la prevalencia se estima en un 30 % en mujeres y en un 8 % en varones caucásicos mayores de 50 años de edad, llegando a ascender a un 50 % en mujeres de más de 70 años de edad por lo que se considera que se trata de una enfermedad que afecta principalmente al sexo femenino⁴⁰. La diferencia entre sexos es debido a que en los varones la masa ósea es mayor así como la ausencia de un equivalente a la menopausia. En la séptima década las mujeres han perdido el 30 % de su masa ósea mientras que los hombres pierden sólo el 15 %^{8,9}. Además, la mujer presenta una proporción de fracturas respecto al varón de 8 : 1 en fracturas de hueso trabecular y de 2 : 1 en fracturas de hueso cortical. En los varones el hueso trabecular se vuelve más fino mientras que en la menopausia se produce perforación

trabecular y el número de trabéculas disminuye⁴¹.

Europa registra elevadas tasas de fractura. Las mujeres blancas que viven en climas templados tienen las tasas de fractura de cadera más elevadas y las mujeres africanas tienen las tasas más bajas^{42,43}.

A nivel español la osteoporosis afecta al 35 % de mujeres mayores de 50 años de edad y un 52 % sobre los 70 años de edad^{41,44}, siendo la fractura de cadera el 12-16 % del total de fracturas en la población femenina⁴⁵ y el 24,2 % en el grupo de edad de 70-79 años⁴⁶. Sin embargo, la prevalencia real de esta enfermedad metabólica es muy difícil de establecer ya que se presenta de manera asintomática hasta la aparición de complicaciones⁴⁰. Desde el 2001 el National Institute of Health (NIH) la consideró como la afección ósea metabólica más prevalente y es denominada por muchos autores como: *"la epidemia silenciosa del siglo XXI"*⁴⁷.

1.2.2.5. Diagnóstico

Se necesita un alto índice de sospecha para el diagnóstico precoz de la osteoporosis dado que los pacientes ancianos pueden tener simultáneamente otras patologías que reciben más atención, como son las enfermedades cardiovasculares o el cáncer.

Debido a que la pérdida ósea se produce de manera insidiosa la persona no es consciente de su presentación y se diagnostica a menudo sólo después de la primera fractura clínica⁴⁸. La evaluación temprana del riesgo de un individuo a padecer osteoporosis es importante para prevenir la primera fractura.

- **Densitometría.** El término densitometría ósea engloba a todas aquellas pruebas no invasivas que miden la Densidad Mineral Ósea (DMO) en diferentes regiones del esqueleto mediante técnicas distintas. La técnica de absorciometría por rayos X con doble nivel de energía X (DXA) es el procedimiento óptimo para estimar el riesgo de fractura. Es la técnica ampliamente validada para medir la densidad mineral ósea y para el diagnóstico de la enfermedad antes

de que se manifiesten sus complicaciones.

Los resultados de las mediciones de DMO son expresados habitualmente en términos de índice T (o T-score) que es el número de desviaciones estándar (DE) en que la medición de DMO difiere de la densidad ósea de la población sana de 20 a 29 años («pico» de la DMO). Otra forma de mostrar los resultados es el índice Z (o Z-score) que se obtiene al comparar la medición de DMO con valores de referencia de sujetos de igual sexo y edad. En la actualidad se siguen utilizando los criterios de la clasificación de la OMS de 1994⁴⁹, como se puede ver en la tabla 1.2, pero matizados en la revisión del 2008 respecto al área de medición (cuello del fémur) utilizando como referencia el Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) y la extensión a mujeres postmenopáusicas de todas las razas e incluso a varones⁵⁰. No obstante, la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica (ISCD) considera que el diagnóstico puede hacerse cuando el referido valor del índice T se da en cualquiera de las localizaciones siguientes: columna vertebral lumbar, cadera total o cuello femoral⁵¹.

Tabla 1.2: Clasificación de los valores de DMO según la OMS⁴⁹.

Normal	hasta -1.0
Osteopenia	inferior a -1.0 y hasta -2.5
Osteoporosis	inferior a -2.5
Osteoporosis grave	inferior a -2.5 más fractura

El diagnóstico de osteoporosis puede realizarse en mujeres posmenopáusicas y hombres de edad mayor o igual a 50 años si el T-score es menor a -2.5 en raquis lumbar, fémur total o cuello femoral. En algunas circunstancias puede utilizarse el radio 33 %⁵². Seguidamente se detallan las indicaciones y criterios para solicitar DMO consensuados en el Informe de la ISCD en 2007⁴⁹:

- Mujer de edad mayor o igual a 65 años.
- Mujer postmenopáusica menor a 65 años con factores de riesgo para fractura.
- Mujeres en la transición menopáusica con factores clínicos de riesgo para fractura como bajo peso, fractura previa o uso de medicación de alto riesgo.
- Hombres de edad mayor o igual a 70 años.
- Adultos con antecedente de fractura por fragilidad.
- Adultos con enfermedades y condiciones asociadas a baja masa ósea o a pérdida ósea.
- En cualquier persona tratada o que se considera la posibilidad de tratamiento farmacológico para monitorear la eficacia del tratamiento.
- En cualquier persona no tratada si la evidencia de pérdida ósea va a determinar un tratamiento.
- Las mujeres que interrumpan un tratamiento con estrógenos.

Hasta la fecha, esta clasificación densitométrica se considera universalmente aceptada como criterio diagnóstico pero plantea varias limitaciones; no tiene en cuenta el componente cualitativo del hueso, su aplicación principal es en la columna vertebral y cadera y pueden existir interferencias en la medición por patología degenerativa o calcificaciones paravertebrales. Sin embargo, debe quedar claro que la definición de osteoporosis de la OMS constituye una definición únicamente operativa (en el sentido de que la existencia de determinados valores de densidad ósea puede justificar la instauración de tratamiento) pero no conceptual^{38,53}.

La tendencia actual es considerar la medición de DMO como un factor de riesgo más y se utiliza junto con los factores de riesgo clínicos presentes para calcular el riesgo absoluto de fractura por fragilidad^{35,54}. A estos efectos se han

desarrollado algunas herramientas de predicción de riesgo de osteoporosis como el OST (Osteoporosis Self-assessment Tool)⁵⁵, el ORAI (Osteoporosis Risk Assessment Instrument)⁵⁶, el OSIRIS (Osteoporosis Index of Risk)⁵⁷, el SCORE (Simple Calculated Osteoporosis Risk Estimation)⁵⁸ y el FRAX® (WHO Fracture Risk Assessment Tool) sin DMO⁵⁹. El FRAX®, se desarrolla brevemente en el siguiente punto por ser la herramienta de uso más generalizada.

- **FRAX®: WHO Fracture Risk Assessment Tool.** El FRAX® es una herramienta de evaluación de riesgo de fractura diseñada por expertos de la OMS. Esta destinada para calcular la probabilidad de fractura a 10 años en varones y mujeres de entre 40 y 90 años de edad que no han recibido tratamiento para la osteoporosis y en base a los factores de riesgo clínico, con o sin el uso DMO del cuello del fémur. Incluye once factores de riesgo clínicos demostrados que se asocian en la incidencia de fractura. También como factor número doce se permite incluir, si se dispone, el valor de la DMO o el T-score del cuello femoral de la densitometría ósea central tipo DXA para su cálculo⁵⁹, como se puede ver en la figura 1.4.

La importancia del FRAX® reside en que es una herramienta capaz de unificar la información obtenida en la DMO (T-Score) o el valor del IMC (si no se dispone de DMO) con factores de riesgo clínico en un mismo valor numérico. Este algoritmo proporciona dos valores de riesgo de fractura: el de fractura de cadera y el de fractura osteoporótica mayor (fractura clínica vertebral, de húmero, de radio distal, y también se incluye de cadera). El valor numérico obtenido se compara con las tablas proporcionadas por FRAX® para fractura de cadera y osteoporótica mayor en base a datos epidemiológicos de población de cada país y el T-Score o IMC. Existe un enlace directo (<http://www.shef.ac.uk/FRAX/>) para su cálculo según el país.

FRAX® Herramienta de Evaluación de Riesgo de Fractura desarrollada por la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Inicio Herramienta de Cálculo Tablas FAQ Referencias Español

Herramienta de Cálculo

Por favor responda las preguntas siguientes para calcular la probabilidad de fractura a diez años sin DMO o con DMO.

país: **España** Nombre/ID: [Sobre los Factores de riesgo](#)

Cuestionario:

1. Edad (entre 40-90 años) o fecha de nacimiento
Edad: Fecha de Nacimiento: A: M: D:

2. Sexo Hombre Mujer

3. Peso (kg)

4. Estatura (cm)

5. Fractura previa No Sí

6. Padres con Fractura de Cadera No Sí

7. Fumador Activo No Sí

8. Glucocorticoides No Sí

9. Artritis Reumatoide No Sí

10. Osteoporosis secundaria No Sí

11. Alcohol, 3 o más dosis por día No Sí

12. DMO de Cuello Femoral
Seleccione BMD

IMC: 27.7
La probabilidad de diez años de fractura (%)
Sin DMO

Mayor osteoporótica	3.7
La fractura de cadera	0.8

Peso de Conversión
libras kg

Conversión Altura
pulgadas cm

00556747
Individuals with fracture risk assessed since 1st June 2011

Figura 1.4: Versión española de FRAX®. Herramienta de cálculo⁶⁰. Disponible en <https://www.shef.ac.uk/FRAX/tool.jsp?lang=sp>. Consulta 6 de Enero de 2016.

El objetivo de esta escala es ofrecer un instrumento unificado a los equipos sanitarios de cada país para que puedan establecer umbrales de intervención en función de sus políticas sanitarias, de manera que sirva de criterio selectivo para la solicitud de densitometría en el cuello femoral y por lo tanto punto importante de control para el coste de las pruebas densitométricas³⁵.

En la publicación de la herramienta FRAX®, la escala debe ser desarrollada y validada en cada país según características epidemiológicas. En España se disponen de datos epidemiológicos adecuados de fractura de cadera pero no de fractura mayor, por lo que hasta la fecha esta escala no ha sido validada.

Por otro lado, hay otros países que utilizando la herramienta FRAX® están proponiendo un algoritmo de decisión diagnóstica y terapéutica o umbrales de intervención según la incidencia, prevalencia y análisis de coste-efectividad del país, como es el caso de la National Osteoporosis Guideline

Group (NOGG) en el Reino Unido⁶¹. Esta entidad establece unos umbrales determinados para clasificar a los casos como de bajo riesgo (ver figura 1.5b), que solo requieren consejos, de riesgo elevado (ver figura 1.5a), para los que se aconseja directamente tratamiento y los de riesgo intermedio, que requerirían una DXA para reclasificarlos de nuevo como de alto o bajo riesgo.³⁵. Existe un enlace directo (<https://www.shef.ac.uk/NOGG/>) para su cálculo.

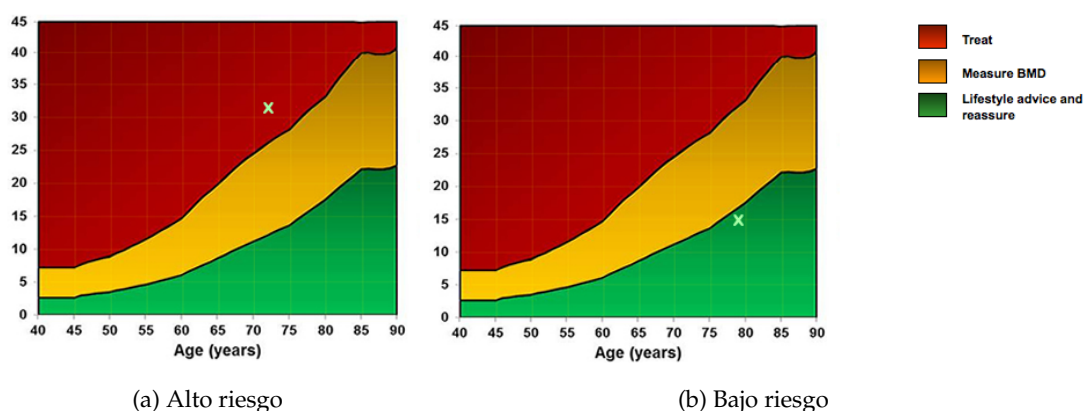


Figura 1.5: Umbrales de intervención según la National Osteoporosis Guideline Group (NOGG) en el Reino Unido. Disponible en https://www.shef.ac.uk/NOGG/manual_data_entry.html. Consulta 8 de Enero de 2016.

Aún no existe una norma consensuada internacionalmente acerca de cuándo hay que instaurar tratamiento en la osteoporosis. La National Osteoporosis Foundation (NOF) sigue unos principios, las guías NOGG otros principios, de manera que para la Sociedad Española de Investigación Ósea y del Metabolismo Mineral (SEIOMM) en base a los criterios de las otras comisiones y más orientada con las recomendaciones de la NOF establece que deben ser tratadas para la osteoporosis las siguientes pacientes⁶²:

- Aquéllas con osteoporosis postmenopáusica diagnosticada con criterios clínicos (padecimiento de una fractura por fragilidad) o por criterios densitométricos (DMO igual o inferior a -2,5 T en columna vertebral lumbar, cuello femoral o cadera total).

- Aquéllas que no cumpliendo los referidos criterios de osteoporosis, presentan un riesgo de sufrir fractura que justifica tanto el coste del tratamiento como el riesgo de padecimiento de efectos adversos que éste conlleva. En concreto, cabe mencionar dos situaciones: la utilización de corticoides o bien la asociación de valores densitométricos superiores al umbral de osteoporosis pero próximos a él (por ejemplo, T igual o inferior a -2) con la presencia de otro u otros factores de riesgo que actúan independientemente de la masa ósea (edad, índice masa corporal inferior a 19, antecedente familiar de fractura, artritis reumatoide, asociación de tabaquismo y alcoholismo severos, diabetes). Si los factores de riesgo actúan a través de su efecto sobre la masa ósea, no deben ser tenidos en cuenta a estos efectos, dado que quedan recogidos en el valor de T.

Para finalizar este apartado, hay que remarcar que existen tres situaciones que pueden ocasionalmente constituir excepciones a las reglas generales, dejando su consideración al sentido clínico de cada médico.

- Mujeres jóvenes (50-60 años) con valores de DMO inferiores a - 2,5 T-Score.
- En mujeres jóvenes con fractura de radio distal dado que se puede tratar más de una fractura traumática que por fragilidad.
- En mujeres que presenten una deformidad vertebral compatible con fractura grado I, que no siempre es fácil de interpretar como osteoporótica.

1.2.2.6. *Tratamientos*

Una vez diagnosticada la osteoporosis, la administración de un tratamiento tendrá como objetivo evitar o prevenir la aparición de fracturas⁶³.

En la actualidad se cuenta con dos tipos de agentes: antirresorptivos, es decir, inhibidores de la resorción ósea, como son los bifosfonados, los Moduladores Se-

lectivos de los Receptores Estrogénicos (SERMs), los estrógenos o terapia hormonal sustitutiva (THS) y los anabólicos o estimulantes de la formación ósea como es la PTH, como se puede ver en la figura 1.6.

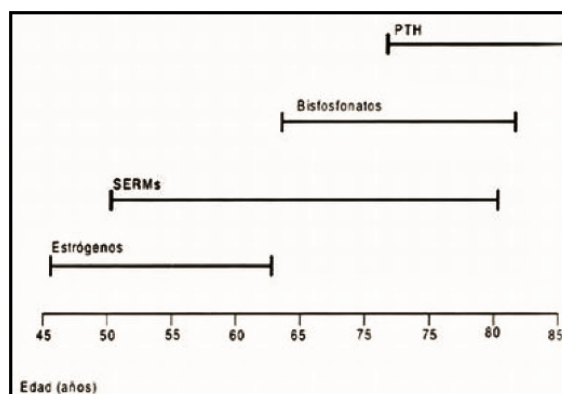


Figura 1.6: Esquema visual del tratamiento entre la edad y el tipo de agente para prevenir o tratar la osteoporosis⁶⁴.

- **Terapia antiresortiva o inhibidores de resorción ósea:** Inhiben la acción de los osteoclastos, decrecen el recambio óseo, permiten la acumulación de minerales en la matriz ósea, incrementan la densidad ósea y bloquean la apoptosis en los osteoblastos. De esta manera, indirectamente estimulan la formación de nuevo hueso.

 - **Bifosfonados:** El alendronato y el risendronato son considerados los más potentes agentes antirresorptivos. Son efectivos para evitar el riesgo de fractura tanto vertebral como en otros sitios del esqueleto. Disminuyen la remodelación ósea por la reducción de actividad de los osteoclastos y inducción de apoptosis de los osteoclastos. No ejercen acción sobre la microarquitectura ni sobre la matriz ósea⁶⁵. Estos fármacos tienen efectos adversos observados en la práctica. Los problemas gastrointestinales, el dolor abdominal, fiebre y los síntomas pseudogripales aparecen cuando son administrados vía oral y reacciones cutáneas, dolor óseo, articular o muscular intenso cuando son administrados vía intravenosa. Además,

los últimos informes sobre los efectos adversos potencialmente graves del tratamiento incluyen la osteonecrosis maxilar, la fibrilación auricular, el carcinoma de esófago y la fractura de diáfisis femoral y subtrocanterea atípica, por lo que genera preocupación respecto a la seguridad a largo plazo de este tipo de tratamiento^{66,67}.

- Estrógenos o THS: El componente estrogénico de la THS en la menopausia tiene un efecto antirresortivo. Esta terapia debe tener como objetivo el tratamiento de la osteoporosis solo en mujeres que tienen riesgo significativo y cuando el objetivo esencial de esta terapia sea el alivio de los síntomas climatéricos (sofocos, sequedad vaginal y dispareunia) usados en dosis bajas y durante el tiempo que dicte la valoración individual, sin necesidad de agregar en esa etapa otro agente antiresortivo a menos que se diagnostique la concurrencia de osteoporosis^{68,69}. También produce efectos positivos sobre la DMO en columna vertebral lumbar y cadera total debido a la gran proporción de hueso trabecular de dichas estructuras⁷⁰, pero los riesgos para la salud de este tipo de hormonas posmenopáusicas (incluyendo enfermedad coronaria del corazón, cáncer de mama, accidente cerebrovascular y embolia pulmonar) superan los beneficios (reducción del riesgo del cáncer colorrectal y de la fractura de cadera)^{71,72}.
- SERM's: Son compuestos que se unen a los receptores estrogénicos de las células simulando la actividad de los estrógenos en ciertos tejidos mientras que en otros, inhiben su acción. El raloxifeno y el tamoxifeno son ejemplos de estos compuestos. El tamoxifeno, fue el primer SERM y se utilizó como un fármaco antiestrogénico para el tratamiento secundario del cáncer mamario. Más adelante apareció el raloxifeno con un efecto adicional benéfico sobre el intercambio óseo y ejerciendo una acción colateral benéfica sobre el sistema cardiovascular en la concentración de

lipoproteínas y sobre el cáncer de mama⁷³⁻⁷⁵. El principal efecto secundario descrito son los sofocos, presentes en un 25 % de las pacientes. También se describen en menor grado calambres musculares, sintomatología similar a un síndrome gripal junto con un aumento del riesgo de padecer trombosis venosa profunda⁷⁶.

■ **Terapia anabólica o estimuladora de formación ósea:**

- PTH: En cuanto a los agentes anabólicos, la paratohormona sintética (PTH 1-34) obtenida por tecnología genética (DNA recombinante) estimula la formación de nuevo hueso, tanto cortical como trabecular. Mejora la calidad del hueso incrementando directamente la actividad osteoblástica y reconstituye la correcta microarquitectura⁷⁷ evitando el riesgo de fracturas, esencialmente vertebrales y independientemente de exposiciones anteriores con tratamiento antiresortivo⁷⁸.

■ **Otros agentes:**

- La calcitonina: Inhibe la actividad de los osteoclastos transitoriamente sin disminuir la síntesis de colágeno de los osteoblastos, tiene un efecto limitado sobre la inhibición de la resorción ósea y se desconoce su acción preventiva de fracturas^{73,79}. La administración suplementaria con calcio es una opción terapéutica muy difundida, la cual puede reducir la pérdida ósea, particularmente en mujeres de edad avanzada, sin embargo por si sola no es suficiente para el tratamiento de la osteoporosis. Existe la costumbre, cada vez más frecuente, de tomar combinaciones de calcio (fosfatos, citratos, lactatos) asociados con vitamina D (debido a la falta de exposición solar, situaciones de menor síntesis cutánea o menor absorción)⁸⁰.

1.2.2.7. Prevención

- **Hábitos nutricionales.** La ingesta de calcio ha de ser de 1.200 mg (dosis mínima) diarios para poder reducir el riesgo de fractura y siempre que se garantice un estado nutricional correcto en relación con la vitamina D⁸¹. Esta vitamina se obtiene con la exposición solar y si fuera limitada, también se obtiene de fuentes alimentarias. Se recomienda la ingesta de 5-10 μ g diarios⁴⁰.
- **Tabaco y alcohol.** Tanto el tabaco como el alcohol son factores de riesgo para fracturas, por lo tanto, deben ser evitados⁴⁰.
- **Fármacos.** Los glucocorticoides son la causa más frecuente de osteoporosis secundaria a fármacos. Otros medicamentos que pueden afectar al hueso son las sales de litio, los anticonvulsivos, la heparina, la vitamina A y posiblemente la sobredosificación de antiinflamatorios no esteroideos (AINES).
- **Actividad física.** El ejercicio, a través de la actividad muscular, tiene una fuerte relación con el riesgo de fractura ya que constituye el estímulo mecánico para la óptima adaptación de la masa, la arquitectura y la estructura esquelética contribuyendo a reducir el riesgo de caídas⁸². No importa qué actividad se haga, el abandono del sedentarismo es el punto más importante.

1.3. CONCEPTO DE ENVEJECIMIENTO SALUDABLE

El proceso de envejecimiento se ha contemplado por tradición como fisiológicamente inevitable. El "*síndrome del envejecimiento típico*" incluía un amplio espectro de variaciones perjudiciales relacionadas con la edad o dependientes del estilo de vida, de la presión arterial, de la masa ósea, de la composición corporal y de la sensibilidad a la insulina, acarreando riesgos para la salud⁸³. Sin embargo, se puede envejecer de manera saludable si se considera el envejecimiento como la unión de diversos factores como son⁸⁴:

1. Salud física.
2. Espiritualidad.
3. Salud emocional y educativa.
4. Satisfacción social.

1.4. BENEFICIOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN PERSONAS MAYORES

A medida que avanza la edad, las capacidades funcionales descienden, sin embargo, la función fisiológica es de un 25 % mejor en las personas activas que en las personas sedentarias. A esto hay que añadir que cada medida fisiológica desciende a ritmos diferentes, como por ejemplo, la velocidad de conducción nerviosa desciende un 10-15 % desde los 30 a los 80 años de edad, mientras que el índice cardíaco en reposo y la flexibilidad de las articulaciones descienden entre un 20-30 %. Del mismo modo, la capacidad respiratoria máxima a los 80 años de edad es un 40 % inferior a la capacidad respiratoria a los 30 años de edad. Las células cerebrales mueren a un ritmo bastante constante hasta los 60 años de edad, mientras que el hígado y los riñones pierden el 40 % y el 50 % de su función entre los 30 y los 70 años de edad. En la séptima década, las mujeres han perdido el 30 % de su masa ósea, mientras que los hombres pierden sólo el 15 %^{8,9}.

En los siguientes apartados se va a describir como el ejercicio físico regular adaptado tiene un papel fundamental en la calidad de vida relacionada con la salud de las personas mayores manteniendo y mejorando las funciones orgánicas⁸⁵.

- **Componente óseo.** Conforme avanza la edad, el sistema esquelético sufre modificaciones estructurales. La desmineralización ósea reduce la anchura de los cuerpos vertebrales y deforma la longitud de los huesos⁸⁶. El ejercicio físico ejerce de estímulo mecánico sobre la estructura ósea reduciendo la pérdida mineral ósea dado que potencia la actividad hormonal osteoblástica y el proceso

de remodelación ósea⁸⁷. También produce una reducción del dolor músculo esquelético asociado al envejecimiento⁸⁸.

- **Componente muscular.** El proceso del envejecimiento va asociado a una pérdida muscular, llamada también sarcopenia, la cual puede deberse a diversos factores como cambios estructurales en el aparato músculo-esquelético, enfermedades crónicas y la atrofia por desuso o la malnutrición⁸⁹. A lo largo de la vida el nivel de fuerza necesario para realizar acciones cotidianas no varía, sin embargo, en esta etapa de la vida, la sarcopenia trae consigo una disminución en la producción de fuerza máxima que dificulta las tareas habituales⁹⁰. El hecho de realizar actividad física regular y en concreto ejercicio físico aeróbico junto con trabajo de fuerza y flexibilidad favorece el fortalecimiento muscular afectando directamente a la funcionalidad física del individuo y consecuentemente reduciendo el riesgo de caídas y mejorando la auto eficacia^{91,92}.
- **Componente cardiovascular, respiratorio y renal.** Las enfermedades cardiovasculares y coronarias suponen, junto con el cáncer y los accidentes de tráfico, una de las tres mayores causas de mortandad. Su incidencia ha ido en aumento en la misma medida en que se ha reducido las exigencias de actividad física en la vida laboral y se ha mejorado los medios de transporte. El incremento en los niveles de actividad física tiene efectos positivos sobre la salud cardiovascular⁹³.

La AHA destaca 3 papeles fundamentales del ejercicio físico regular sobre el sistema cardiovascular⁹⁴:

1. Previene todas las alteraciones y enfermedades cardiovasculares que tienen su origen en la aterosclerosis.
2. Previene y controla otros factores de riesgo asociados a enfermedades cardiovasculares, tales como los niveles elevados de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad (LDL), bajos niveles de lipoproteínas de alta

densidad (HDL), hipertensión arterial (HTA), diabetes y obesidad.

3. Ayuda en el tratamiento y recuperación de pacientes con enfermedades cardiovasculares ya instauradas (HTA, insuficiencia cardíaca u otras cardiopatías) o en fase de recuperación (infarto de miocardio, bypass, etc.).

A nivel respiratorio, la ACSM en su manual de 2007 destaca que la actividad física regular ejerce un importante papel en este sistema dado que incrementa el consumo máximo de oxígeno debido a que se producen adaptaciones en el sistema central y periférico y se incrementa el umbral de ejercicio con respecto a la acumulación de lactato en sangre⁹⁵:

- **Componente Hormonal.** Las hormonas regulan el crecimiento, el metabolismo y la reproducción aumentando la capacidad para responder de forma aguda y crónica a la tensión física y psicológica⁸⁴(ver tabla 1.3).

Tabla 1.3: Hormonas y ejercicio⁸⁴.

Hormona	Efectos Hormonales	Efectos del ejercicio
Cortisol y Corticosterona	Catabolismo ácidos grasos y proteínas, antagonistas de la insulina	Aumenta con ejercicio intenso
Aldosterona	Retención por los riñones de sodio, potasio y agua	Aumenta con el aumento del ejercicio
Adrenalina y Noradrenalina	Aumenta gasto cardíaco, catabolismos de glucógeno y liberación de ácidos	Aumenta con el aumento del ejercicio. La adrenalina con ejercicio intenso
Tiroxina y Triyodo-tironina	Estimula tasa metabólica y regula el crecimiento y la actividad celular	Aumenta con el aumento del ejercicio
Insulina	Disminuye la glucosa sanguínea, promueve, transporte ácidos grasos, y aminoácidos	Disminuye con el aumento del ejercicio
Glucagón	Liberación de glucosa por el hígado hacia la sangre y aumenta metabolismo	Aumenta con el aumento del ejercicio
PTH	Aumenta el calcio sanguíneo; disminuye le fosfato sanguíneo	Aumenta con el ejercicio a largo plazo
Estrógenos y Progesterona	Control ciclo menstrual	Aumenta con el ejercicio; depende de la fase menstrual
Testosterona	Control del tamaño muscular, glóbulos rojos, disminución grasa corporal	Aumenta con el ejercicio

Continuación de la tabla 1.3.

Hormona	Efectos Hormonales	Efectos del ejercicio
Hormona de crecimiento (GH)	Estimula el crecimiento tisular, moviliza los ácidos grasos para producir energía	Aumenta con el aumento del ejercicio
Tirotropina (TSH)	Mantiene el crecimiento y desarrollo de la glandula tiroides	Aumenta con el aumento del ejercicio
Corticotropina (ACTH)	Estimula la producción y liberación de cortisol	Desconocido
Gonodotrópicas (FSH Y LH)	Estimulan la producción de estrógenos y progesterona	Sin cambio
Prolactina	Inhibe la testosterona	Aumenta con el aumento del ejercicio
Endorfinas	Bloquean el dolor y afectan al ciclo menstrual	Aumenta con el ejercicio de larga duración
Vasopresina (ADH)	Controla la eliminación de agua por los riñones	Aumenta con el aumento del ejercicio
Oxitocina	Estimula músculos del útero y mamas	Desconocido

- Componente Psicológico.** Existe una asociación firme entre la práctica regular de ejercicio físico y la obtención de beneficios psicológicos⁹⁶. Un estudio realizado en mujeres sedentarias basado en un programa de ejercicio físico acuático confirmó la relación causa-efecto entre la práctica regular de ejercicio físico y el bienestar psicológico en mujeres dando valor al ejercicio como una

variable relevante en la promoción de la salud mental⁹⁷. Este componente es importante tenerlo en cuenta dado que las mujeres suelen informar de una menor autoestima, vitalidad, satisfacción con la vida y felicidad, presentando además mayores niveles de depresión y ansiedad que los hombres⁹⁸.

La disminución de la adiposidad corporal, el aumento de la competencia física percibida, el apoyo familiar y la satisfacción de las necesidades psicológicas básicas influyen tanto en la realización de ejercicio como en el bienestar de los participantes. Es más, las características o pautas para realizar ejercicio físico (sesiones semana, duración y tipo de ejercicio) pueden variar en períodos de 10 a 12 semanas con sesiones de más de 30 minutos de esfuerzo aeróbico, causando magnitudes de efecto más grandes que períodos y duraciones más cortas o con esfuerzos anaeróbicos⁹⁶.

En definitiva, las mujeres que participan en programas de ejercicio físico reducen los niveles de ansiedad y mejoran su bienestar global⁹⁹.

- **Equilibrio y flexibilidad.** El término equilibrio es un concepto mecánico que se define como la nulidad de la resultante de las fuerzas y momentos que actúan sobre un cuerpo. El ser humano nunca está en perfecto equilibrio debido a que no es un cuerpo estático. Desde un punto de vista clínico, el equilibrio sería el hecho de mantener el control del cuerpo sobre su superficie de apoyo evitando la caída ya que son la causa más importante de morbilidad y mortalidad en las personas mayores¹⁰⁰. Los desórdenes del equilibrio se manifiestan en un bajo rendimiento en tareas tales como estar de pie, inclinarse, subir escaleras, caminar o responder a perturbaciones externas¹⁰¹.

Las intervenciones basadas en el trabajo del equilibrio y de la fuerza han demostrado ser eficaces para reducir el riesgo de caídas^{102,103}.

En relación al entrenamiento de flexibilidad, conforme avanza la edad, el tejido conjuntivo (cartílago, ligamentos y tendones) se hace más duro y más

rígido, lo cual reduce la flexibilidad de las articulaciones por lo que es de particular importancia mantener óptima la flexibilidad tanto en la parte superior como inferior del tronco.

1.5. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL EJERCICIO FÍSICO

Cualquier programa diseñado para mejorar la fuerza muscular a cualquier edad deberá seguir los siguientes principios^{84,104,105}:

- *Principio de sobrecarga.* Un programa de entrenamiento deberá producir un estímulo lo suficientemente intenso, por encima del que suponen las actividades regulares de la vida diaria, como para producir la respuesta de adaptación deseada, sin llegar a producir agotamiento o esfuerzo indebido.
- *Principio de progresión.* Una vez que el organismo se adapte a un estímulo será necesario una modificación o incremento del ejercicio para continuar progresando. Si las cargas de entrenamiento no se incrementan gradualmente (entrenamiento de fuerza progresivo), los músculos se adaptarán al nivel de fuerza solicitada y se mantendrán los mismos niveles de fuerza hasta que se sometan a un estímulo mayor.
- *Principio de especificidad.* El entrenamiento de fuerza debe de ser específico para los grupos musculares más utilizados y con transferencia directa a las tareas de la vida diaria.
- *Principio de individualidad.* La adaptaciones producidas por un programa de entrenamiento de fuerza serán personalizadas y vendrán determinadas por su nivel de entrenamiento previo y edad.
- *Principio de desentrenamiento o reversibilidad.* Cuando una persona deja de entrenar, se producirá la regresión de las adaptaciones conseguidas.

1.6. PRINCIPIOS DEL EJERCICIO FÍSICO PARA LA SALUD

Cualquier programa diseñado para mejorar la salud en cualquier edad deberá seguir los siguientes principios¹⁰⁴⁻¹⁰⁶:

- *Principio de multilateralidad.* Trabajar todos los sistemas del organismo, los grupos musculares y las cualidades físicas básicas (fuerza, resistencia y amplitud articular fundamentalmente).
- *Principio de supercompensación.* Los estímulos (cargas) han de ser lo suficientemente intensos para que produzcan adaptaciones y no excesivamente elevados para que no sean nocivos para la salud.
- *Principio de recuperación.* Es necesario que los descansos sean adecuados y suficientes para que los sujetos tengan tiempos suficientes de adaptación al trabajo.
- *Principio de continuidad.* Entrenar de forma muy intensa durante períodos de tiempo ininterrumpido y sin planificación es más perjudicial que beneficioso.
- *Principio de individualidad.* No se puede hacer recetas universales, sino que se debe adaptar los planes de trabajo a las necesidades, aptitudes y expectativas de cada sujeto.

1.7. COMPONENTES CLAVE EN LA PROGRAMACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN PERSONAS MAYORES

Siguiendo las recomendaciones del ACSM, se establece que un programa de actividad física para personas mayores debe incluir ejercicio aeróbico continuo, de intensidad moderada a vigorosa, ejercicio de fuerza contra resistencia de intensidad progresiva y con auto carga, orientada a grandes grupos musculares y ejercicios de flexibilidad. Además, en aquellas personas que presenten un riesgo sustancial de

caídas, el entrenamiento deberá incluir ejercicios de equilibrio optándose preferentemente por los ejercicios analíticos frente a actividades que impliquen intrínsecamente un alto componente de equilibrio⁹¹. Para poder entender estas recomendaciones es necesario explicar el concepto de ejercicio aeróbico y ejercicio de fuerza contra resistencia junto con las dosis establecidas para realizar ejercicio físico en personas mayores.

- **Ejercicio aeróbico.** El ejercicio aeróbico es aquel que se realiza en presencia de oxígeno y se refiere al uso de oxígeno en los músculos durante el proceso generador de energía. Se consideran ejercicios aeróbicos aquellos que se llevan a cabo con una intensidad por debajo del umbral anaeróbico, es decir, sin llegar a intensidades más altas donde la obtención de energía precisa de la participación importante del metabolismo láctico¹⁰⁷. Los ejercicios aeróbicos se practican a intensidad moderada durante un período largo de tiempo utilizando el oxígeno para el metabolismo de grasas y glucosa. Este tipo de ejercicio tiene beneficios reconocidos^{84,107}, como son:
 - Reforzar músculos implicados en la respiración.
 - Reforzar el músculo cardíaco para mejorar su eficiencia de bombeo y reducir la frecuencia cardíaca en reposo.
 - Incrementar el número total de glóbulos rojos en la sangre, para facilitar el transporte de oxígeno.
 - Aumentar el almacenamiento de moléculas de energía dentro de los músculos permitiendo una mayor resistencia.
 - Aumentar la vascularización para incrementar el flujo de sangre.

- **Ejercicio de fuerza contra resistencia.** En la naturaleza existen diversos tipos de contracción muscular, entre los más importantes destaca la contracción isométrica y la isotónica. Se llama contracción isométrica cuando un músculo

desarrolla tensión pero no produce movimiento externo, es decir, una contracción estática. Por otro lado, la contracción isotónica es aquella donde sí hay variaciones de la longitud del músculo, es decir, una contracción dinámica. El músculo se alarga cuando la carga externa supera la fuerza muscular (trabajo excéntrico). El músculo se acorta cuando la carga externa no supera la fuerza muscular (trabajo concéntrico)^{84,107}.

Aunque el concepto habitual de contracción parece estar vinculado al cambio de longitud, a nivel fisiológico el término significa: respuesta del músculo frente a un estímulo de manera que la acción contráctil de un músculo depende de tres variables básicas: la fuerza o tensión, la longitud y el tiempo¹⁰⁷. Estos parámetros son los responsables de clasificar las diferentes manifestaciones de las fuerzas isotónicas en:

- Relación con la velocidad:
 - *Fuerza máxima (absoluta o pura)*. La fuerza máxima es la mayor fuerza mediante la cual el sistema neuromuscular ejerce una contracción voluntaria y contra una resistencia insuperable.
 - *Fuerza potencia*. Es la capacidad del sistema neuromuscular para superar resistencias con la mayor velocidad de contracción posible.
 - *Fuerza explosiva*. Es la máxima expresión de la fuerza potencia, teniendo en cuenta el mínimo peso que se es capaz de desplazar, involucrando el máximo de fibras musculares de un músculo.
- Relación al tiempo de ejecución:
 - *Fuerza resistencia*. Es la capacidad de la musculatura de realizar un trabajo intenso de fuerza durante un largo período de tiempo sin disminuir la calidad de ejecución. En la fuerza resistencia el trabajo puede ser estático o dinámico. Es el que utiliza la vía aeróbica para trabajar¹⁰⁷.

La fuerza isocinética es la que se realiza manteniendo constante la velocidad angular. Se consigue mediante aparatos que permiten fijar la velocidad a la que se va realizar el movimiento, adaptándola a la resistencia o carga de trabajo que se tiene que vencer. Esto permite que en cada instante se pueda desarrollar la máxima tensión para cada ángulo^{84,107}.

- **Dosis del ejercicio físico.** La dosis de entrenamiento implica la necesidad de garantizar adecuadas y progresivas adaptaciones orgánicas y funcionales que redunden en la mejora del mantenimiento de un adecuado estado de salud psico-físico. De esta manera, un error o una incorrecta aplicación de dicha dosis de ejercicio físico conlleva efectos negativos, como el sobre entrenamiento, las lesiones y en el menor de los casos, supondría no conseguir los fines propuestos. La dosis viene definida por una serie de componentes que deben ser controlados en su justa medida e ir siendo modificados en adecuada combinación para garantizar permanentes adaptaciones saludables. Estos componentes son: la frecuencia, el volumen, la intensidad, la densidad, la progresión metodológica y la selección de ejercicios^{108,109}. La ACSM recomienda²:

- Dosis de ejercicio de resistencia o aeróbico. El ejercicio aeróbico se ha de realizar con una frecuencia de 3 a 5 días por semana con una duración de 20 a 60 minutos. La intensidad recomendada es del 65 al 90 % de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}) en adultos sanos y del 55 al 64 % en individuos físicamente no preparados. Evidentemente el problema reside en conocer la propia frecuencia cardíaca máxima. Sin embargo, no es esencial a la hora de controlar la intensidad del ejercicio. La escala de Borg¹¹⁰ o Rango de esfuerzo percibido (RPE) ha demostrado ser una herramienta eficaz para la monitorización cardiorrespiratoria de la intensidad del ejercicio. Los adultos sanos deben mantener una Valoración Subjetiva del Ejercicio Percibido (VEP) de «moderado» a «pesado», correspondiendo este nivel de 13 a 15 (sobre una escala de 6-20)¹¹⁰ o bien

de 5-6 (sobre una escala de 0-10), entendiendo los valores más altos como valores de mayor intensidad percibida¹¹¹. En la tabla 1.4 se puede observar los diferentes métodos para determinar la intensidad del ejercicio.

Tabla 1.4: Métodos para determinar la intensidad del ejercicio¹¹².

ÍNDICE	POSIBLES ZONAS DE ENTRENE	FÓRMULA
% FC máx-resv	30-85 %	$[(FC_{máx}-FC_{rep}) (\% \text{ Entrenar})]+FC_{rep}$
% FC máx	64-94 %	$(FC_{máx}) (\% \text{ Entrenar})$
% VO2R	30-85 %	$[(VO2_{máx}-VO2_{rep}) (\% \text{ Entrenar})]+VO2_{rep}$
METS	30-85 %	$(MET_{máx}) (\% \text{ Entrenar})$
Escala de Percepción del Esfuerzo (RPE) o Borg Scale	10 (Muy liviano) a 17 (Muy fuerte)	Escala Borg

- Dosis ejercicio de fuerza. El entrenamiento de fuerza se ha de realizar con una frecuencia de 3 a 5 días por semana y una serie de 8 a 10 ejercicios contra resistencia que hagan trabajar todos los músculos principales. Se recomienda una carga de peso que cause fatiga muscular en 8 a 12 repeticiones¹¹³. En personas con riesgo de accidente cardiovascular, individuos de más edad o más frágiles puede ser más adecuado aplicar pesos más ligeros que permitan 10 a 15 repeticiones antes de que aparezca fatiga¹¹³.
- Dosis ejercicio de flexibilidad. El trabajo de flexibilidad se ha de realizar al menos durante 10 minutos, manteniendo el estiramiento entre 10-30 segundos cada ejercicio y realizando entre 3-4 repeticiones. Las actividades se realizan todos los días que se lleva a cabo los ejercicios aeróbicos o se lleva a cabo la actividad de fortalecimiento muscular¹¹³.

1.8. EQUIPOS PARA EL DESARROLLO DE LA FUERZA

El entrenamiento de fuerza incorpora tres tipos de equipos⁸⁴:

- Equipo de Fuerza tipo I. Corresponde al equipo estándar de levantamiento de pesas (pesas libres, máquinas y bandas elásticas) donde no hay control de la velocidad de movimiento ni del nivel de carga durante el rango de movilidad.
- Equipo de Fuerza tipo II. En este tipo de equipos existen dos subdivisiones:
 - De velocidad constante: La velocidad de movimiento es controlado por un equipo isocinético.
 - De velocidad constante y carga variable: Se utiliza un dispositivo hidráulico o electromecánico para modificar la carga pero la persona controla la velocidad de movimiento.
- Equipo de Fuerza tipo III. En este equipo, la velocidad de movimiento es variable y la carga constante, la cual es proporcionada por dispositivos de levantamiento y máquinas concéntricas-excéntricas.

En los siguientes apartados se desarrollan las características de las bandas elásticas como equipos de fuerza tipo 1.

1.8.1. Bandas elásticas

En concreto las bandas elásticas Thera-Band ®, son reconocidas como el sistema original de resistencia progresiva por más de 25 años y patrocinado por la Asociación Americana de Terapia Física (APTA: Physical Therapy Association). De manera que este apartado ha sido desarrollado según el Manual de instrucciones para bandas y ligas de resistencia desarrollado por Thera-Band ®¹¹⁴.

En primer lugar, es necesario clasificar la resistencia elástica como un modo de resistencia insuperable. Como se ha explicado anteriormente, existen tres modos

tradicionales de entrenamiento de resistencia: isométrico, isotónico e isocinético. La resistencia elástica tiene propiedades únicas en comparación con los tres modos ya que la resistencia aumenta a medida que la banda se estira.

Para poder explicar qué resistencia generan estas bandas, es necesario revisar ciertos aspectos básicos de la biomecánica del entrenamiento de resistencia, en especial, la diferencia entre “fuerza” y “torsión”.

- **Fuerza.** Con la resistencia elástica, la fuerza producida por la banda depende de tres factores: el coeficiente de elasticidad (constante), la cantidad de material elástico (área de la sección transversal) y el porcentaje de cambio en la longitud, lo que se traduce en la siguiente fórmula 1.1.

$$F = k * CSA * \Delta L \quad (1.1)$$

Al ser K una constante, si aumenta la longitud o el área transversal (CSA: cross-sectional area), la fuerza aumentará de forma proporcional. Por lo que los distintos colores de banda indican diferentes grosores que aumentan los niveles de resistencia. Es decir, si se duplica la longitud en reposo, la elongación será del 100%; si toma 1 m de banda y se estira 2 m, la elongación será del 100%, como indica la siguiente fórmula 1.2.

$$\% \Delta L = [(Longitud\ final - Longitud\ en\ reposo) / Longitud\ en\ reposo] * 100 \quad (1.2)$$

De manera que si se toma 1 m de banda roja y la estira al 100% (longitud doble o 2 m), se obtiene como resultado 2 kg (4 libras) de fuerza, como se observa en la tabla 1.5.

Tabla 1.5: Kilogramos de resistencia al usar la resistencia de las bandas Thera-band®.

Porcentaje de elongación	Resistencia en kg						
	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Negro	Plata	Oro
25 %	0,5	0,7	0,9	1,3	1,6	2,3	3,6
50 %	0,8	1,2	1,5	2,1	2,9	3,9	6,3
75 %	1,1	1,5	1,9	2,7	3,7	5,0	8,2
100 %	1,3	1,8	2,3	3,2	4,4	6,0	9,8
125 %	1,5	2,0	2,6	3,7	5,0	6,9	11,2
150 %	1,8	2,2	3,0	4,1	5,6	7,8	12,5
175 %	2,0	2,5	3,3	4,6	6,1	8,6	13,8
200 %	2,2	2,7	3,6	5,0	6,7	9,5	15,2
225 %	2,4	2,9	4,0	5,5	7,4	10,5	16,6
250 %	2,6	3,2	4,4	6,0	8,0	11,5	18,2

- Torsión.** La torsión se obtiene de la fuerza que se aplica a un brazo de palanca alrededor de una articulación. Desde el punto de vista clínico, la “torsión” o el “momento de torsión” se representan con una “curva de fuerza”. Esta curva representa la resistencia elástica y se muestra con una curva “acampanada” donde la máxima torsión se encuentra en la mitad del rango de movimiento y la mínima torsión al principio y al final de este (ver figura 1.7).

La razón es el “ángulo de fuerza”, el cual es creado por la interacción entre la banda y la extremidad como se puede observar en la figura 1.8. Este ángulo cambia en toda la amplitud del movimiento modificando la resistencia “real”.

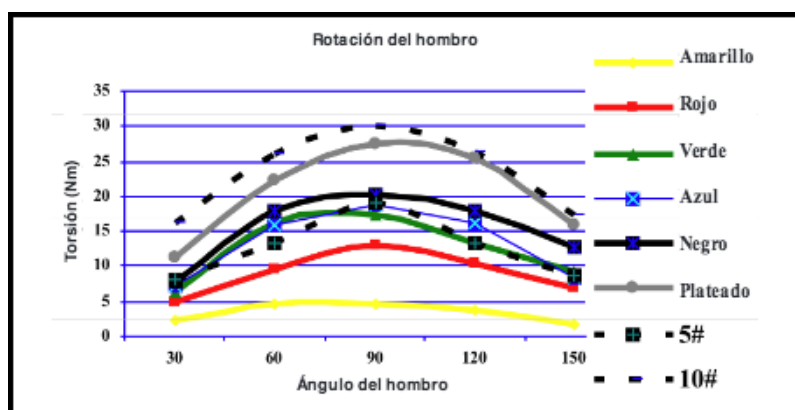


Figura 1.7: Curva de fuerza de las bandas elásticas de Thera-Band®.



Figura 1.8: Ángulo de fuerza: Ángulo creado entre la resistencia elástica y el brazo palanca.

Estos dispositivos permiten un mayor rango y control de movimiento dado que su trabajo produce contracciones musculares concéntricas y excéntricas. A diferencia de los pesos libres, la dirección de la resistencia no depende de la gravedad ya que está alineada con la orientación del dispositivo elástico¹¹⁵. De esta manera la banda elástica proporciona una resistencia en todo el rango de movimiento¹¹⁶.

1.8.1.1. Resistencia y color

El color y la resistencia apropiado de la banda va a depende de la condición física individual. La selección de una banda se realizará según la capacidad de realizar 15 repeticiones seguidas. Las bandas de color beige y amarillo se usan generalmente en el área de rehabilitación y para el entrenamiento de personas de edad avanzada. Para el entrenamiento preventivo se usan las bandas rojas y verdes. La clasificación de los colores de la bandas respecto a la resistencia y la elongación se puede ver en la figura 1.5.

1.8.1.2. Intensidad de los ejercicios con banda elástica

El éxito de un programa de ejercicios depende de la progresión. A medida que el ejercicio resulta más fácil, la resistencia puede aumentarse usando el color sucesivo de banda. En general, la resistencia aumenta de un 20 a un 30 % entre cada color de banda o tubo Thera-Band® con un 100 % de elongación.

Existen 2 escalas de RPE, la escala de Borg¹¹⁰ (ver tabla 1.6) y la escala ON-MI^{117,118} (ver figura 1.9) para determinar la intensidad adecuada de los ejercicios de resistencia realizados con bandas elásticas. En los programas de entrenamiento de resistencia se debe usar un color de banda que permita obtener un esfuerzo de entre 12 y 14 puntos en la escala de BORG o de entre 5 y 7 puntos en la escala OMNI.

Tabla 1.6: Escala de esfuerzo percibido de Borg¹¹⁰.

6	Ningún esfuerzo
7	
8	Extremadamente leve
9	Muy leve
10	
11	Leve
12	
13	Moderado
14	
15	Fuerte (pesado)
16	
17	Muy fuerte
18	
19	Extremadamente difícil
20	Esfuerzo máximo

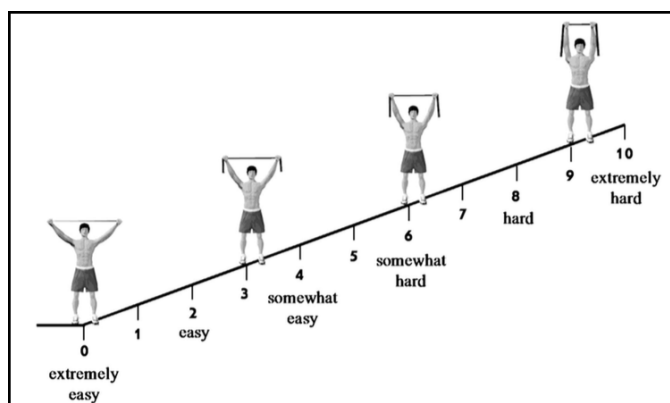


Figura 1.9: Escala de esfuerzo percibido con bandas de resistencia Thera-Band® (ONMI-RES)¹¹⁸.

1.8.1.3. Principios básicos de posición para el trabajo con banda elástica

La posición del paciente es primordial para garantizar que los músculos trabajen en toda la amplitud articular. Para ello es necesario:

1. Usar una longitud de banda igual a la longitud de la extremidad en movimiento. Esto permite calcular el porcentaje de elongación de la banda o el tubo para predecir la fuerza con mayor precisión. Por ejemplo, si se realiza una flexión del hombro usando una longitud de banda igual a la del brazo, la banda se elongará aproximadamente un 100% a 90° y un 200% a 180°. De esta manera, se puede conocer la fuerza producida por la banda a un ángulo específico en la amplitud del movimiento.
2. Alinear el origen con el eje de rotación para que el ángulo de fuerza sea mínimo al final de la amplitud articular. Si el origen no se mantiene alineado con el eje de rotación, el ángulo de fuerza no será mínimo al principio de la amplitud del movimiento. La resistencia tiene que mantenerse dentro del plano de movimiento.

1.8.1.4. Manejo, conexión y aseguramiento de las bandas de resistencia

La banda debe conectarse de forma segura y firme en la mano o en el pie antes de usarla, para evitar posibles lesiones. Para ello es necesario realizar una “doble envoltura” que permita que la banda quede asegurada y fija en la articulación. La figura 1.10 corresponde a la forma de agarre o sujeción para la mano mientras que la figura 1.11 corresponde a la forma de fijación para el pie.

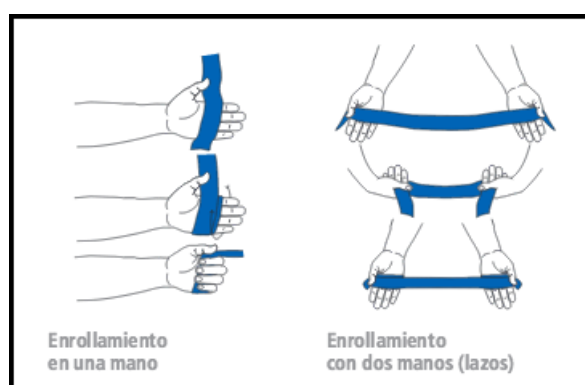


Figura 1.10: Sujeción banda elástica en la mano.

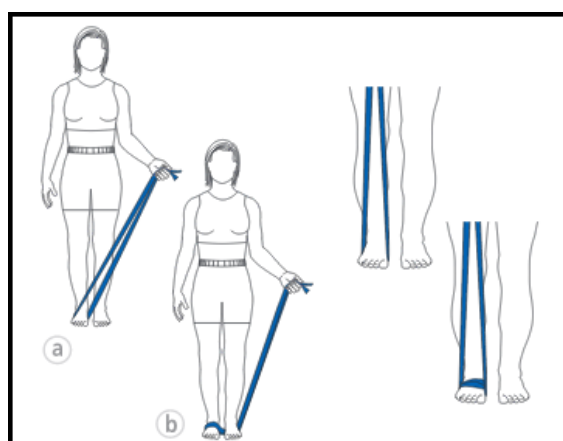


Figura 1.11: Sujeción banda elástica en el pie.

1.8.1.5. *Beneficios de las bandas elásticas*

Como se ha comentado en el punto anterior, en la actualidad existen diversos dispositivos para el entrenamiento de fuerza, algunos de ellos tratan de mejorar la ergonomía para simplificar el diseño y para hacer estas técnicas de entrenamiento más accesibles a los usuarios potenciales de diferentes edades y en diferentes contextos¹¹⁹. Desde este punto de vista, los tubos y bandas elásticas han sido utilizadas en programas para adultos o en personas de edad avanzada mostrando mejoras positivas en la fuerza muscular, la composición corporal, el equilibrio y la movilidad funcional^{115,120}. A todo esto, hay que añadir que no necesitan un espacio acondicionado, habilitado o preparado para ello ya que ofrecen un fácil acceso ofreciendo a los individuos y en especial a los sectores poblacionales con dificultades de movilidad o transporte la opción de realizar el trabajo en cualquier lugar, incluido su propio domicilio.

1.9. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La esperanza de vida de las personas mayores sigue aumentando en todo el mundo, debido a este hecho, casi una cuarta parte de la carga mundial de mortalidad y morbilidad se registra en mayores de 60 años.

A fin y efecto de este contexto, se han de plantear cuestiones ante este fenómeno, como por ejemplo, si el aumento de la esperanza de vida se acompañará de un incremento de la morbilidad, con mayor prevalencia de enfermedades crónicas y trastornos mentales o por el contrario, la mayor duración de la vida transcurrirá en buena salud gracias a los avances médicos y sobre todo a la prevención de las enfermedades. Es decir, desde los años 80 se ha puesto de relieve la necesidad de que el objetivo a lo largo de la vida no sea solo *“ganar años de vida”* sino también *“ganar vida a los años”*. Dado que esta reducción de bienestar afecta tanto a los propios pacientes como a sus familiares y por consiguiente a los sistemas sanitarios y económicos es necesario plantear nuevas formas de trabajo o bien explotar las intervenciones sanitarias que se consideran costo eficaces en comparación con los costosos procedimientos que suelen requerirse cuando la detección y el tratamiento se ha retrasado y el paciente llega a fases avanzadas de la enfermedad. Dicho de otra manera, es necesario que se fomenten intervenciones que reduzcan los principales factores de riesgo comunes modificables. El hecho de adquirir hábitos de vida saludable son claves para prevenir o estabilizar estas enfermedades y retrasar en lo posible la toma de medicamentos con sus consecuentes efectos secundarios.

Por ese motivo el presente trabajo busca una herramienta o estrategia socio-sanitaria económica y capaz de retrasar o mantener estables, dentro de lo posible, las consecuencias producidas por la caída hormonal de la menopausia en mujeres mayores de 65 años respecto a la DMO, a los biomarcadores cardiovasculares y hidrocarbonados en suero, a la antropometría, el equilibrio y el dolor, hasta que sea necesaria la toma de medicamentos.

En muchos países el acceso a la atención sanitaria depende de los sistemas de seguridad social y de seguros privados, que a su vez están vinculados a un empleo formal anterior en el sector de la economía. Muchas mujeres mayores trabajan toda su vida en el sector informal o en actividades no remuneradas, de manera que los sistemas sanitarios son inaccesibles e inasequibles.

El ejercicio físico produce efectos beneficiosos en el organismo y aún así, hay una gran cantidad de población que no realiza ejercicio o que no se adhieren a los programas destinados para ello.

Fomentar estilos de vida saludables es esencial y asequible. Las bandas elásticas con esta condición cumplen este principio, son de bajo coste y ofrecen facilidad y confort para las usuarios/as. Dicho de otra manera, se puede hacer ejercicio físico con máquinas de musculación, donde se necesita acceso a instalaciones habilitadas, o bien, se pueden utilizar estos dispositivos que no ocupan espacio y además ofrecen a los individuos y en especial a los sectores poblacionales con dificultades de movilidad o transporte la opción de poder realizar el trabajo en cualquier lugar.

Siguiendo en la misma línea, un apartado del estudio ha sido la aplicación de la herramienta FRAX® como intervención sanitaria rápida, de fácil uso y con capacidad predecible para conocer el riesgo de fractura de cadera que puede tener una mujer a 10 años sin necesidad de una DMO. Por otro lado, otro punto se centra en mostrar las características de la muestra estudiada según métodos de análisis estadístico diferentes a los convencionales dado que existe una clara tendencia hacia el uso del Modelo Lineal General en Estadística, en detrimento de otros métodos novedosos más complejos, tales como Redes Neuronales Artificiales, el Apoyo Vector Machine, latente Clase o modelos de mezcla.

Este estudio combina una gran cantidad de variables, las cuales se ha estudiado que tienen cierto grado de asociación entre ellas. Intentar descubrir si existen relaciones complejas entre ellas puede ayudar a que el progreso científico sea más fructífero. Estas relaciones complejas tienen una mayor probabilidad de ser descu-

biertas a través de la aplicación de modelos estadísticos avanzados de carácter multivariante. Debido a esto, el análisis de datos se ha realizado utilizando en primer lugar con el Modelo Lineal General en Estadística y en segundo lugar mediante un sistema de estadística avanzada en concreto, un modelo de red denominado mapas auto-organizados o SOM (Self-Organizing Maps).

Si bien es cierto que un mayor uso cuantitativo o cualitativo de la metodología estadística no necesariamente conduce a un mayor desarrollo del conocimiento científico, no es menos cierto que el contraste empírico de hipótesis de investigación se puede mejorar en cuanto se aplican adecuadamente los modelos estadísticos, ya sea sean más simples o más avanzados.

1.10. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Hipótesis

Un programa de ejercicio físico con bandas elásticas reduce significativamente los indicadores de la osteoporosis, el riesgo cardiovascular, el dolor osteoarticular y mejora la estabilidad en mujeres mayores de 65.

Objetivos

Generales

Comparar en que medida el entrenamiento con bandas elásticas puede influir en el proceso del envejecimiento a través de su impacto en la función fisiológica en mujeres mayores de 65 años.

Específicos

- Evaluar el impacto del ejercicio con banda elástica sobre el perfil lipídico, hepático, hidrocarbonado y sobre la composición corporal.
- Valorar si el trabajo con banda elástica modifica los parámetros clínicos y en suero de riesgo cardiovascular.
- Evaluar el efecto del ejercicio físico con banda elástica respecto al metabolismo óseo, analizando los cambios en densitometría ósea y en marcadores de recambio óseo.
- Determinar si el ejercicio físico regular reduce el dolor osteoarticular.
- Valorar la capacidad de las mujeres para desplazar su centro de gravedad sin producirse la caída, de manera segura.
- Conocer la supuesta capacidad de la herramienta FRAX® para predecir fractura de cuello femoral en las mujeres estudiadas.

CAPÍTULO: Material y método

2. Material y método

2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

El presente estudio se sitúa en el ámbito de la investigación cuantitativa. Se trata de una investigación experimental, de carácter longitudinal y prospectivo. Las mujeres que forman la muestra pertenecen al Centro de día Municipal para personas mayores “*La Amistad*” situado en Valencia (España). El estudio se llevó a cabo durante el curso 2013-14. En el mes de abril de 2013, se presentó el proyecto al centro y durante los meses de mayo, junio y julio se abrieron las inscripciones. Durante el mes de septiembre se escogieron las candidatas siguiendo el procedimiento descrito más abajo y seguidamente en octubre se realizó la recogida de información necesaria para el estudio. Su desarrollo se ha llevado a cabo en la facultad de Fisioteràpia de la Universitat de València, las pruebas diagnósticas y la toma de muestras en sangre se realizaron en el Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia.

2.1.1. Población de estudio y análisis de la muestra

La población del estudio inicial se compuso de 73 mujeres con un rango de edad entre 65-79 años, de las cuales, 40 mujeres fueron seleccionadas para la realización del trabajo y 33 mujeres conformaron el factor comparación de normalidad. El Grupo Experimental (GE) presentó una media de edad de $70,89 \pm 4,42$ años, una altura de $158,07 \pm 5,27$ cm y un peso de $71,55 \pm 9,92$ Kg. El Grupo Control (GC) o factor de normalidad presentó una media de $71,18 \pm 4,98$ años, una altura de $156,23 \pm 6,36$ cm y un peso de $71,16 \pm 11,72$ Kg.

De las 40 mujeres que formaron el GE, 18 completaron el estudio, lo que supuso un 55 % de abandono. La literatura informa que el mantenimiento de la práctica de ejercicio físico por razones de salud desaparece durante los tres primeros me-

ses¹²¹, llegando el porcentaje de abandono a un 50 % entre los primeros seis primeros meses¹²². Las 22 mujeres que abandonaron el estudio indicaron motivos personales para no continuar.

2.1.2. Criterios de selección de la muestra

Antes de seleccionar la muestra inicial del estudio se disponía de 120 candidatas las cuales se habían inscrito para realizar el programa y solo 73 cumplían los criterios de selección detallados seguidamente.

La muestra estudiada fue elegida aleatoriamente por los servicios administrativos de consultas ginecológicas del hospital Dr. Peset Aleixandre donde de las 73 candidatas, 33 se comprometieron voluntariamente a cumplir el programa durante 12 meses, las 40 restantes fueron GC ya que reunían los criterios necesarios para formar parte del estudio pero no se comprometían a hacer ejercicio físico durante 12 meses (ver figura 2.1). Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Genero femenino.
- Mayores de 65 años de edad.
- No haber realizado previamente tratamiento con bifosfonados (alendronato, ibandronato, risedronato o ácido zoledrónico), calcitonina, terapia hormonal sustitutiva, ranelato de estroncio, hormona paratiroidea o raloxifeno.
- No estar ni haber realizado en los últimos dos años actividad física.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Mayor de 90 años de edad.
- Haber sido diagnosticada de otra enfermedad metabólica ósea diferente a osteoporosis (osteomalacia, enfermedad de Paget), mieloma o cualquier cáncer con afectación ósea.

- Haberse medicado con algún fármaco reseñado anteriormente.

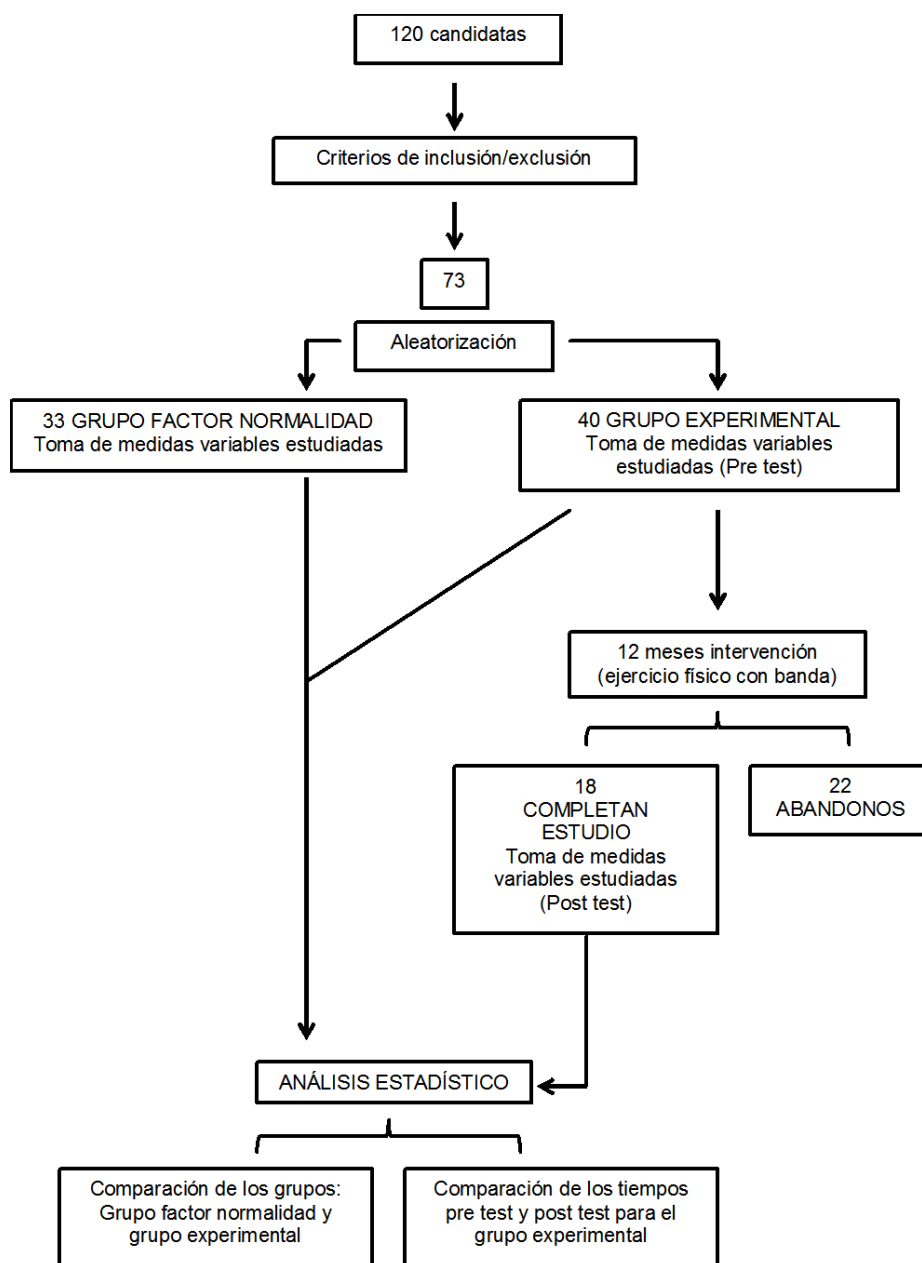


Figura 2.1: Esquema del procedimiento de selección de la muestra.

2.1.3. Protocolo de toma de datos. Consentimiento informado

El estudio se sometió a los principios de bioética recogidos en la declaración de Helsinki 2013 y en la legislación española pertinente. Además, contó con la aprobación del comité ético de investigación clínica del Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia (anexo A) y del Comité de Ética de investigación de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (anexo B). También se facilitó a las mujeres la información relativa al estudio acerca de los objetivos, métodos, beneficios calculados, riesgos previsibles e incomodidades derivadas del experimento. Una vez informadas se les entregó una hoja de consentimiento informado y voluntario de la persona (anexo C) para su aceptación o rechazo.

2.2. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

2.2.1. Material antropométrico

- Báscula mecánica con tallímetro de precisión de 100 gramos y capacidad de 160 kg. Consta de una escala métrica de 1 mm de precisión apoyada sobre un plano vertical que se inserta perpendicularmente sobre una base horizontal. Dispone de una pieza horizontal que se desliza sobre la barra vertical para permitir el contacto con la parte superior de la cabeza o vértex (ver figura 2.2).

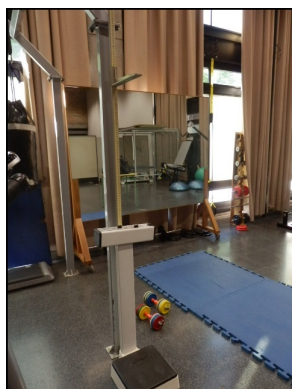


Figura 2.2: Tallímetro.

- Cinta antropométrica modelo TELA L9802, con escala de 2 metros, calibrada en centímetros y graduada en mm. Es flexible y de anchura menor de 7 mm, con un espacio sin graduar antes del cero de 3 cm y precisión de 1 mm. No es elástica, para evitar así su deformación y distorsión en la medida. Tiene un sistema de retracción automática para introducir la cinta dentro de la cubierta protectora (ver figura 2.3).



Figura 2.3: Cinta métrica.

2.2.2. Material para valoración de la DMO

- Para la realización de la densitometría se ha realizado la técnica DXA, utilizando la Plataforma Discovery DEXA System de HOLOGIC. Esta plataforma presenta Softwares para columna AP, lateral columna escoliótica, cadera, dual, femur, cuerpo entero pediátrico, cuerpo entero adulto, cadera ortopédica (ver figura 2.4).



Figura 2.4: Absorciometría de rayos X con doble energía: DXA.

- Para evaluar el riesgo de fractura se ha utilizado la herramienta FRAX[®] diseñada por expertos de la OMS, como se puede ver en la figura 2.5.

país: Reino Unido Nombre/ID: [Sobre los Factores de riesgo](#)

Cuestionario:

1. Edad (entre 40-90 años) o fecha de nacimiento
 Edad: Fecha de Nacimiento: A: M: D:

2. Sexo Hombre Mujer

3. Peso (kg)

4. Estatura (cm)

5. Fractura previa No Sí

6. Padres con Fractura de Cadera No Sí

7. Fumador Activo No Sí

8. Glucocorticoides No Sí

9. Artritis Reumatoide No Sí

10. Osteoporosis secundaria No Sí

11. Alcohol, 3 o más dosis por día No Sí

12. DMO de Cuello Femoral
 Seleccione BMD

Figura 2.5: Herramienta FRAX[®]. Disponible: <https://www.shef.ac.uk/FRAX/tool.jsp?lang=sp>. Última consulta 8 Enero 2016.

2.2.3. Material extracción sanguínea

- Impresos de petición de analítica.
- Nevera portátil Kodiak R16 (capacidad 11L) para transporte de muestras, con capacidad de regulación térmica.
- Compresor o torniquete.
- Contenedor de objetos punzantes Bd (capacidad 1.5L).
- Esparadrapo de papel antialérgico Medipor.
- Etiquetas para la identificación de las muestras.
- Gasas estériles Medicomp.

- Guantes estériles Kimtech.
- Jeringuillas y agujas intravenosas.
- Povidona yodada.
- Tubos (tipo y cantidad adecuada según pruebas pedidas).

2.2.4. Material para la valoración límites de estabilidad

Se ha utilizado el sistema NedSVE/IBV desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, el cual es una aplicación software para la valoración funcional y la rehabilitación de trastornos del equilibrio mediante posturografía. Está basada en la plataforma de fuerzas Dinascan/IBV P600³¹.

Para la aplicación se ha utilizado el siguiente material, el cual como se puede visualizar en la figura 2.6.

1. Plataforma dinamométrica Dinascan/IBV P600.
2. Barrera doble de fotocélulas para el registro de la velocidad de marcha.
3. Tarima y estructura mecánica que sirve de anclaje de la plataforma y de soporte para los accesorios (monitor de paciente, barreras de fotocélulas, tallímetro y arnes de seguridad). Medidas aproximadas 3,5 x 1,5 m de superficie y 2,4 m de altura.
4. Monitor de Paciente. Pantalla plana de altura regulable.
5. Mesa de evaluación de sobremesa, monitor plano de 17" e impresora a color.
6. Tallímetro.



Figura 2.6: Plataforma de fuerzas Dinascan/IBV P600.

En la figura 2.7 se puede visualizar la traza descrita por el desplazamiento del centro de presiones en su desplazamiento hasta las dianas.



Figura 2.7: Pantalla de resultados de las pruebas NedSVE/IBV de los límites de estabilidad.

2.2.5. Material para la valoración del dolor

El grado y el nivel de dolor articular se ha realizado según la escala unidimensional verbal numérica (NRS)¹²³. Es una versión numérica segmentada de la escala analógica visual (VAS) en la que las mujeres seleccionaron un número entero (0-10) con el que reflejaban la intensidad de su dolor. El formato común es una barra horizontal o línea de 11 puntos donde 0 representa un extremo de dolor (por ejemplo “sin dolor”) y 10 representa el otro extremo de dolor (ver figura 3.5).

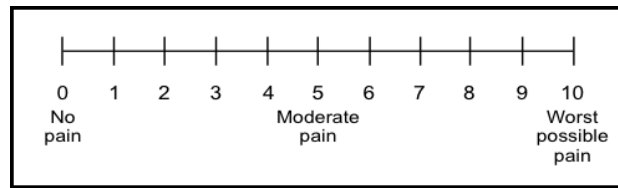


Figura 2.8: Escala unidimensional verbal numérica (NRS).

2.2.6. Material para la realización del trabajo

- Colchoneta plegable de 200 x 100 x 5 cm de grosor, con asas laterales para facilitar su traslado.



Figura 2.9: Colchoneta.

- Bandas elásticas.



Figura 2.10: Bandas elásticas.

2.3. TEMPORIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio estuvo dividido por diversas fases:

- Fase de contacto: septiembre 2014.
- Fase de registro de datos: Esta fase se realizó en octubre 2014 (inicio del programa) y en diciembre 2015 (final el programa). Se recogieron datos antropométricos, valoración dolor, test de estabilidad, densitometría ósea y análisis hematológico.
- Fase 1 de trabajo con banda elástica amarilla. Período comprendido desde noviembre 2014 a febrero 2015, ambos incluidos.
- Fase 2 de trabajo con banda elástica roja. Período comprendido desde marzo 2015 a junio 2015, ambos incluidos.
- Fase 3 de trabajo con banda elástica verde. Período comprendido desde julio 2015 a octubre 2015, ambos incluidos.
- Fase de análisis estadístico, enero 2015.

En la siguiente figura se puede visualizar de manera crono-gráfica las diferentes fases. Seguidamente se pasará a explicar de manera detallada cada una de ellas.

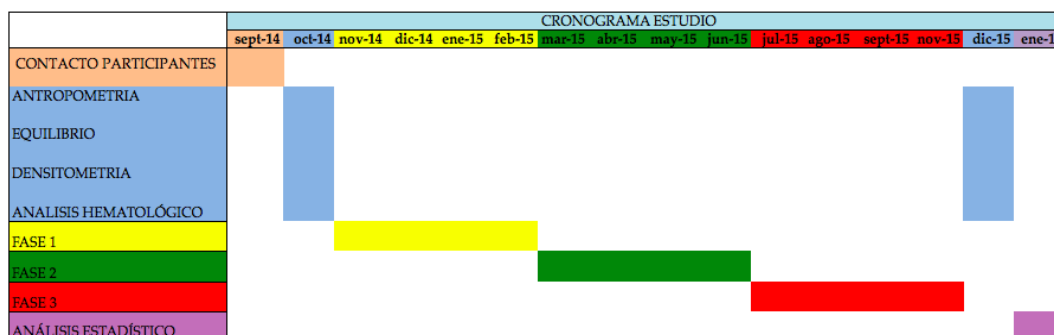


Figura 2.11: Cronograma del programa por fases.

2.4. DESARROLLO DE LAS FASES

Las participantes del estudio fueron reunidas a mediados del mes de septiembre para explicarles cual era la estructura del programa y como se iba a desarrollar las fases establecidas. Para ello se preparó una presentación con diapositivas y se habilitó un aula en la Facultat de Fisioteràpia de la Universitat de València. Durante el mes de octubre se citaron a las participantes en grupos reducidos para empezar con el registro de datos, dado que al incluir toma de medidas antropométricas, las mujeres eran citadas a las ocho de la mañana para evitar las variaciones circadianas en talla y peso.

El registro de datos empezó con la anamnesis acerca de signos y síntomas actuales, sobre medicación y sobre sus hábitos, incluyendo información sobre su alimentación, si es fumador, si ingiere bebidas alcohólicas y la cantidad de horas de sueño al día dado que en la última etapa de la ontogénia humana el análisis y la valoración de las personas ha de ser global y multidisciplinar, pues no se puede comprender la funcionalidad de los diferentes órganos y sistemas por separado.

Seguidamente se llevó a cabo la medición de la talla, peso y perímetros de brazo, antebrazo, muslo, pierna y cintura abdominal. La posición de inicio para la toma de medida fue la Posición de Atención Antropométrica o Posición Estándar Erecta. Se aplicó la técnica antropométrica en base fundamentalmente en las recomendaciones del International Working Group of kinanthropometry (IWGK de la ISAK), el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) por medio del Compendio de Cineantropometría de M^aDolores Cabañas y Francisco Esparza¹²⁴.

Para controlar errores sistemáticos y aleatorios se seleccionaron puntos de medida fiables, es decir, puntos de referencia corporales universalmente aceptados así como el material preciso y homologado, nombrado anteriormente y calibrado de forma periódica y sistemática.

Las mediciones fueron llevadas a cabo por dos examinadores, uno de ellos realizaba la medición y el otro colaboraba corrigiendo verbalmente la posición de la

cinta, anotando el valor en la ficha antropométrica previa repetición de la medida en voz alta y asegurando la secuencialidad correcta de las medidas. Se realizaron tres mediciones consecutivas sobre cada una de las localizaciones contempladas y se aceptó como dato válido la media de las tres mediciones.

Respecto a la talla, el sujeto era medido en bipedestación, estirado, guardando la posición de atención antropométrica con los talones, glúteos, espalda y región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro. Se corregía al sujeto para que la cabeza permaneciera en el Plano de Frankford y no realizara una extensión cervical. En el momento de la medida se le pedía que realizara una inspiración profunda. La rama móvil del tallímetro se colocó firmemente sobre el vertex. Seguidamente, se colocó al sujeto en la báscula para registrar el peso.

Una vez realizado el registro de la talla y el peso, se pasó a medir los perímetros. La técnica utilizada para medir perímetros fue la técnica de las manos cruzadas. Se realizó con una cinta antropométrica donde el cero de medición estaba situado en una posición mas lateral que medial respecto al sujeto. La cinta se pasó alrededor de la zona a medir, el extremo libre (mano izquierda) pasó caudal o por debajo del otro extremo manteniendo una presión constante para no comprimir tejidos blandos. Con los dedos medios de ambas manos se aseguró la localización correcta del punto elegido, orientando la cinta métrica de tal forma que el cero de medición fuera accesible y se pudiera observar con facilidad conservando el ángulo recto del segmento corporal. La lectura de la cinta métrica se realizó a la misma altura que se colocó la cinta para evitar errores por faltas de paralelismo. Se realizaron las siguientes medidas:

- **Perímetro cintura abdominal.**

Concepto. Circunferencia del abdomen en su menor perímetro.

Posición y técnica. La cinta métrica se situó en el punto medio de la distancia entre el reborde costal inferior y la cresta ilíaca. Por la parte anterior se situó entre el apéndice xifoides y el ombligo, paralela a la línea de sustentación.

La medición se tomó al final de una espiración normal, no forzada, con los brazos relajados colgando a ambos lados del cuerpo. La cinta métrica paralela a la línea de sustentación. El examinador situado enfrente al sujeto de estudio.

- **Perímetro brazo.**

Concepto. Perímetro que pasa por el punto medio de la distancia acromio-radial.

Posición y técnica. Se colocó a cada mujer en posición de atención antropométrica con los brazos relajados colgando a ambos lados del cuerpo. La cinta métrica se emplazaba perpendicular al eje longitudinal del húmero, coincidiendo aproximadamente con su punto medio y el punto entre las dos partes de la cinta.

- **Perímetro antebrazo.**

Concepto. Circunferencia máxima del antebrazo.

Posición y técnica. Se indicó a cada sujeto que permaneciera con el codo extendido, los músculos del antebrazo relajados y la mano en supinación. La cinta métrica se situó en la máxima circunferencia del antebrazo. Normalmente suele encontrarse inmediatamente distal al codo y no está a más de 7 cm por debajo de la cabeza radial del adulto.

- **Perímetro muslo.**

Concepto. Punto medio anterior del muslo, entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula.

Posición y técnica. Las mujeres se situaron en bipedestación, con las piernas ligeramente separadas y se les comentó que debían mantener el peso distribuido por igual en ambas piernas. La cinta métrica se situó perpendicular al eje longitudinal del fémur. Se desplazó la cinta alrededor del segmento y se deslizó en dirección ascendente hasta la posición correcta.

- Perímetro pierna máxima.

Concepto. Máxima circunferencia de la pierna.

Posición y técnica. Se colocó a los sujetos de la misma forma que para medir el perímetro del muslo, en bipedestación, con las piernas ligeramente separadas y el peso distribuido por igual. En este caso la cinta métrica se pasó perpendicular al eje longitudinal de la tibia y se desplazó alrededor del segmento. De igual manera se deslizó en dirección ascendente hasta la posición correcta.

Una vez terminada la toma de medidas antropométricas se realizó la valoración de la intensidad del dolor según la escala NRS. Se le preguntó a cada participante acerca de su dolor actual para que este fuera valorado del 0 al 10 siendo 0 el valor de "no dolor" y el 10 el valor "máximo de dolor".

Se les preguntó también acerca de la historia clínica del paciente respecto a: factores de riesgo clínico, fractura previa, fractura de cadera en los padres, toma de glucocorticoides, artritis reumatoide, otras causas de osteoporosis secundaria, consumo de tabaco y alcohol dado que la herramienta FRAX pre-DEXA (disponible en: <https://www.shef.ac.uk/FRAX/tool.jsp?lang=sp>) necesita esta información para general un valor numérico correspondiente al riesgo de fractura osteoporótica principal y fractura de cadera a partir del IMC. Este valor obtenido se clasificó a continuación según umbrales de riesgo (bajo/intermedio/alto) de fractura osteoporótica y umbrales de evaluación y/o intervención según la NOGG.

Seguidamente se procedió a la valoración de los límites de estabilidad donde se colocó al sujeto sobre la plataforma (en bipedestación, con los talones juntos y las puntas separadas formando un ángulo de 30°)¹²⁵ y se le explicó que la imagen que visualizaba en el monitor era un cursor que reflejaba la posición de su centro de gravedad y que durante 8 segundos debía desplazar e intentar mantener su centro de gravedad en el interior de cada diana. El inicio del movimiento era hacia la diana anterior, siguiendo el orden según el movimiento de las agujas del reloj.

Los parámetros calculados para cada uno de los 8 límites de estabilidad fueron los siguientes;

1. Desplazamiento máximo (%): Porcentaje alcanzado respecto al patrón de normalidad (segmentado por sexo, edad y altura) del desplazamiento máximo alcanzado en cada una de las direcciones.
2. Tiempo de reacción (s): Tiempo empleado por el sujeto para alcanzar cada uno de los límites de estabilidad.
3. Control direccional (%): Linealidad de la trayectoria seguida por el sujeto para alcanzar cada uno de los límites de estabilidad.
4. Éxito (%): Estabilidad del sujeto una vez alcanzada la diana objetivo en cada uno de los límites de estabilidad.
5. Tiempo de confinamiento (s): Tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba hasta que la proyección de su centro de gravedad abandona la diana central.

La puntuación de cada límite de estabilidad se basó en la siguiente ponderación de los parámetros estudiados: desplazamiento máximo (55 %), tiempo de reacción (10 %), control direccional (25 %), éxito (5 %) y tiempo de confinamiento (5 %), respecto a los patrones de normalidad. La puntuación final obtenida era la media de la puntuación obtenida en cada uno de los 8 límites¹²⁶.

Para la valoración densitométrica y la obtención de muestra sanguínea las mujeres fueron citadas en el centro hospitalario, en concreto en la Unidad de Ginecología del Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia. Allí se acordó el día y la hora para la extracción de sangre y la realización de la densitometría ósea.

Las extracciones de sangre se realizaron a las 8.00 horas de la mañana y en ayunas, es decir, no haber ingerido alimentos en las ocho horas previas a la extracción para una correcta medición de la glucosa¹²⁷.

La toma de muestra sanguínea y la valoración de la DMO se realizó según el estándar de referencia para extracciones sanguíneas y diagnóstico de imagen del Hospital Universitario Dr. Peset de Valencia.

La muestra sanguínea estaba compuesta de:

1. Bioquímica en sangre:

- Glucosa
- Creatinina
- Filtrado Glomerular estimado (CKD-EPI)
- Ácido úrico
- Colesterol
- Colesterol HDL
- Colesterol LDL
- Colesterol VLDL
- Triglicéridos
- AST (GOT)
- ALT (GPT)
- GGT
- Calcio
- Fósforo

2. Proteínas específicas:

- PCR Ultrasensible

3. Hormonas:

- T.S.H. Tirotropina
- Estradiol-17-beta

- Insulina
4. Hormonas marcadores metabolismo óseo:
- 25-OH Vitamina D total (D2-D3)
 - Beta-CROSSLAPS
5. Hematología general:
- Hematíes
 - Hemoglobina
 - Hematocrito
 - VCM
 - HCM
 - CHCM
 - ADE
 - Leucocitos
 - Neutrófilos Absolutos
 - Linfocitos Absolutos
 - Monocitos Absolutos
 - Eosinófilos Absolutos

El índice HOMA (*Homeostasis Model Assessment*), índice indirecto de insulino-resistencia, se calculó según la fórmula descrita por Matthews et al.¹²⁸ a partir de los valores obtenidos en insulina y glucosa.

Por último, se programaron 3 fases de trabajo, cada una de ellas con una duración de 4 meses. La estructura fue idéntica entre ellas a excepción de la carga utilizada. La estructura de cada sesión constó de tres partes:

- Fase de calentamiento: Con una duración entre 10 minutos, consistía en caminar y después realizar ejercicios de movilidad articular junto con ejercicios de estiramiento muscular. De esta manera, se aumentaba la elasticidad muscular y la movilidad articular, produciéndose una elevación de la temperatura y favoreciendo los procesos bioquímicos. Los ejercicios de flexibilidad se realizaban lenta y controladamente siguiendo estas directrices^{2,113}:
 - Tipo: estático.
 - Duración: de 10-30 segundos en cada estiramiento.
 - Repeticiones: de 3 a 4 en cada estiramiento.
 - Intensidad: hasta adoptar una postura de leve tirantez.
 - Frecuencia: al menos 3 días a la semana.

- Fase de esfuerzo: Con una duración de 40 minutos, es la fase donde se aplicó el programa de actividad con ejercicios isotónicos de resistencia progresiva utilizando bandas elásticas. La carga e intensidad establecida para cada fase se realizó según los criterios de intensidad establecidos por la ACSM². Estos guardan correlación con la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg para al sector poblacional mayor de 65 años^{2,110,111} y en base a la escala de esfuerzo percibido con bandas elásticas Thera Band ® OMNI-Resistance Exercise (OMNI-RES)^{117,118}, como se puede observar en la tabla 2.1 y en la figura 1.9.

- Fase de vuelta a la calma. Al finalizar la sesión, con una duración de 10 minutos donde se volvían a realizar ejercicios de estiramiento combinados con trabajo de respiración.

Tabla 2.1: Equivalencia aproximada entre cuatro medidas de intensidad: La escala propuesta por Borg; pulsaciones por minuto; la escala de 0-10 puntos y el porcentaje de intensidad máxima¹¹¹.

Escales de esfuerzo percibido de Borg	Equivalencia aproximada en pulsaciones/ minuto	Intensidad del esfuerzo (% la capacidad máxima)	Equivalencia de escala de esfuerzo percibido 0-10
6	60-80		0
7 Muy, muy suave	70-90	10	1
8	80-100		
9 Muy suave	90-110	20	2
10	100-120		
11 Bastante suave	110-130	30	3
12	120-140	40	4
13 Algo duro	130-150	50	5
14	140-160	60	6
15 Duro	150-170	70	7
16	160-180		
17 Muy duro	170-190	80	8
18	180-200	90	9
19 Muy, muy duro	190-210	100	10
20	200-220		

2.4.0.1. Fase 1 de trabajo con banda elástica

Intensidad trabajo y carga. Nivel 10-11 en la escala de Borg¹¹⁰ lo que equivale a un nivel 3 sobre escala de 10¹¹¹ validada en el uso de las bandas elásticas en la escala OMNI-RES¹¹⁸.

Intensidad de trabajo bastante suave, el cual tiene una equivalencia en pulsa-

ciones por minuto de 100-130 con un grado de intensidad del esfuerzo de 30 % respecto a la capacidad de esfuerzo máxima posible.

Resistencia de la banda de 1'5 Kg al 100 % de su elongación.

Color de la banda amarillo (ver tabla 2.1 y figura 1.9).

2.4.0.2. Fase 2 de trabajo con banda elástica

Intensidad trabajo y carga. Nivel 12-13 en la escala de Borg¹¹⁰ o nivel 5-6 sobre escala de 10¹¹¹ validada en el uso de las bandas elásticas en la escala OMNI-RES¹¹⁸. Intensidad de trabajo moderado el cual, tiene una equivalencia en pulsaciones por minuto de 120-150 con un grado de intensidad del esfuerzo de 50-60 % respecto a la capacidad de esfuerzo máxima posible. Resistencia de la banda de 2 Kg al 100 % de su elongación. Color de la banda rojo (ver tabla 2.1 y figura 1.9).

2.4.0.3. Fase 3 de trabajo con banda elástica

Intensidad trabajo y carga. Nivel 14-15 en la escala de Borg¹¹⁰ o nivel 6-7 sobre escala de 10¹¹¹ validada en el uso de las bandas elásticas en la escala OMNI-RES¹¹⁸. Intensidad de trabajo moderado el cual, tiene una equivalencia en pulsaciones por minuto de 140-170 con un grado de intensidad del esfuerzo de 60-70 % respecto a la capacidad de esfuerzo máxima posible. Resistencia de la banda de 2'5 Kg al 100 % de su elongación. Color de la banda verde (ver tabla 2.1 y figura 1.9).

Para finalizar este apartado, se muestran los ejercicios seleccionados para el estudio según los manuales establecido por Theraband¹²⁹ y adaptados en otros estudios^{115,130}. La sujeción de la banda elástica se realizó mediante un agarre manual, enrollada dos veces alrededor de la mano o del pie con la finalidad de prevenir el deslizamiento como se puede ver en la figura 1.10 y la figura 1.11.

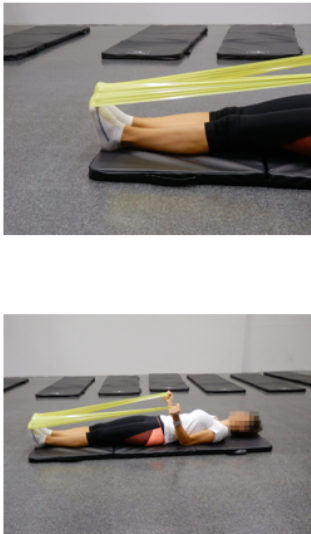

Ejercicio 1	
 <p>LOCALIZACIÓN: u Músculo agonista</p>	
<p>INFORMACIÓN: Nombre: Bíceps braquial Flexión del codo</p>	
<p>EJECUCIÓN: Partimos tumbados en el suelo desde la posición inicial. Los brazos están extendidos sujetando la banda elástica con ambas manos. Flexionamos los codos hasta la posición final del ejercicio.</p>	

Tabla 2.2: Ejercicio 1. Trabajo con banda elástica para la flexión/extensión de codo

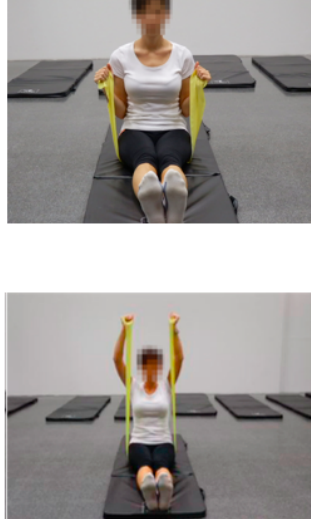

Ejercicio 2	
 <p>LOCALIZACIÓN: u Músculo agonista u Músculo fijador</p>	
<p>INFORMACIÓN: Nombre: Deltoides Flexión del hombro</p>	
<p>EJECUCIÓN: Nos colocamos sentados. Colocamos la banda elástica por detrás de la zona glútea y levantamos los brazos hasta llegar a la posición final del ejercicio</p>	

Tabla 2.3: Ejercicio 2. Trabajo con banda elástica para la flexión/extensión de hombro

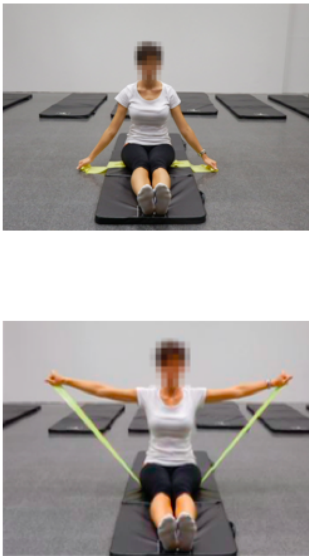

<p>Ejercicio 3</p>	
 <p>LOCALIZACIÓN: u Músculo agonista u Músculo fijador</p>	
<p>INFORMACIÓN: Nombre: Deltoides Abducción del hombro</p>	
<p>EJECUCIÓN: Partimos desde la posición inicial con brazos extendidos sujetando los agarres con ambas manos. Abducimos los hombros de forma que lleguemos a la posición final del ejercicio.</p>	

Tabla 2.4: Ejercicio 3. Trabajo con banda elástica para la abducción/aducción de hombro



<p>Ejercicio 4</p>	
 <p>LOCALIZACIÓN: u Músculo agonista u Músculo fijador</p>	
<p>INFORMACIÓN: Nombre: Glúteo medio Abductor de cadera</p>	
<p>EJECUCIÓN: Acostado sobre un lado, colocamos la banda elástica de forma que envuelva las dos piernas. Debemos separar la pierna que no está en contacto con el suelo hasta la altura de las caderas.</p>	

Tabla 2.5: Ejercicio 4. Trabajo con banda elástica para la abducción/aducción de cadera

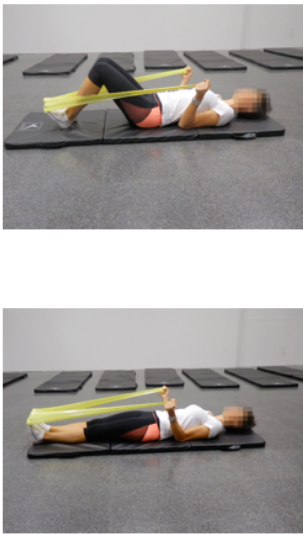

Ejercicio 5	
 <p>LOCALIZACIÓN: u Músculo agonista u Músculo fijador</p>	
<p>INFORMACIÓN: Nombre: Cuádriceps Extensión de pierna</p>	
<p>EJECUCIÓN: Acostados en el suelo colocamos la banda elástica en la planta del pie al mismo tiempo que la sujetamos con ambas manos. El ejercicio consiste en flexionar y extender las piernas</p>	

Tabla 2.6: Ejercicio 5. Trabajo con banda elástica para la flexión/extensión de rodilla



Ejercicio 6	
 <p>LOCALIZACIÓN: u Músculo agonista u Músculo fijador</p>	
<p>INFORMACIÓN: Nombre: Gemelos Extensor plantar</p>	
<p>EJECUCIÓN: Acostados en el suelo colocamos la banda elástica en la planta del pie al mismo tiempo que la sujetamos con ambas manos. El ejercicio consiste en flexionar y extender el pie.</p>	

Tabla 2.7: Ejercicio 6. Trabajo con banda elástica para la flexión plantar/dorsal del pie

2.5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Para el tratamiento estadístico se ha empleado por un lado la herramienta de Software matemático Matlab® y el programa de libre distribución R con Licencia de la Universitat de València para el análisis de los mapas auto-organizados (SOM).

Seguidamente se realizó el análisis de los datos según el Modelo Lineal General en Estadística mediante el paquete estadístico SPSS versión 22 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois (USA) con licencia de la Universitat de València). En primer lugar se comprobó la normalidad de las variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Los datos se describen mediante la media y la desviación estándar.

Para analizar la existencia de diferencias significativas entre los GE y el GC en las variables, se utilizó la prueba t de Student o la prueba U-Mann Whitney (dependiendo de la normalidad). Las diferencias entre los tiempos pre y pos en el GE se analizaron mediante la prueba t (o U) en su versión para muestras relacionadas. El nivel de significancia estadística se fijó en $p < 0,05$.

CAPÍTULO: Resultados

3. Resultados

3.1. BLOQUE 1: MODELO DE REDES NEURONALES DE LOS MAPAS AUTO-ORGANIZADOS (SOM)

Los mapas auto-organizados son un tipo de modelo neuronal que sirve para visualizar datos multidimensionales. Consiste en establecer una correspondencia entre el espacio original de N-dimensiones y un espacio bidimensional. Esto es, dos sujetos con valores parecidos de las diferentes variables deben aparecer cercanos en el espacio bidimensional^{131,132}.

3.1.1. Perfil de la muestra

Por medio del análisis de la distribución de los sujetos controles y patológicos y usando relaciones de vecindad, se puede extraer conclusiones cualitativas en relación a las variables de interés incluidas en dichos mapas.

La figura 3.1 muestra la tipología rectangular 5x5 de neuronas. Cada hexágono de la figura representa una neurona de la red SOM. También muestra la respuesta de la red ante los datos de entrada (perfiles), de manera que el área coloreada dentro de cada hexágono es proporcional al número de patrones coincidentes con esa neurona. Se puede visualizar que gran parte de sujetos con patrones similares se sitúan en la esquina inferior izda., parte lateral izda. y en la esquina superior dcha.

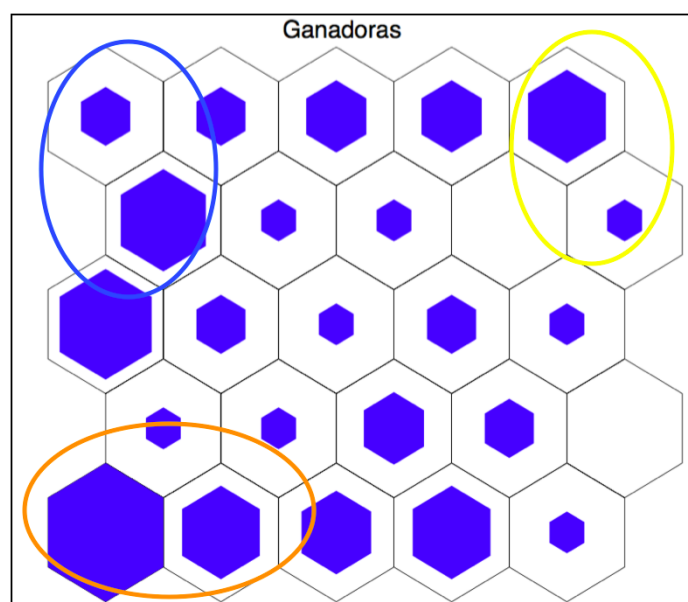


Figura 3.1: Mapa de ganadoras: distribución de sujetos según patrones de comportamiento.

Seguidamente, en la figura 3.2 se puede visualizar las zonas en las que se agrupan los sujetos con resultados similares para cada variable. Como se puede ver, la esquina inferior izda. (zona color naranja) o la esquina superior dcha. (zona de color amarillo) coinciden con zonas de mayor agrupamiento.

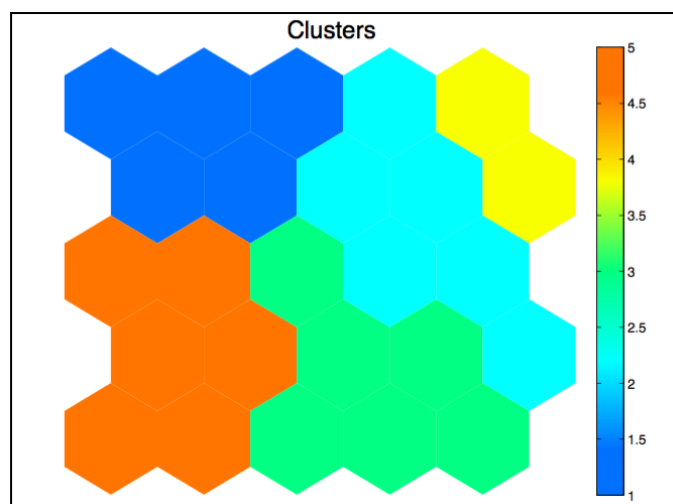


Figura 3.2: Zonas de análisis del mapa auto-organizado.

Tras llevar a cabo el procesamiento de los datos referentes a todos los sujetos en función de las variables seleccionadas, se obtuvieron las visualizaciones mostradas a continuación (ver figura 3.3).

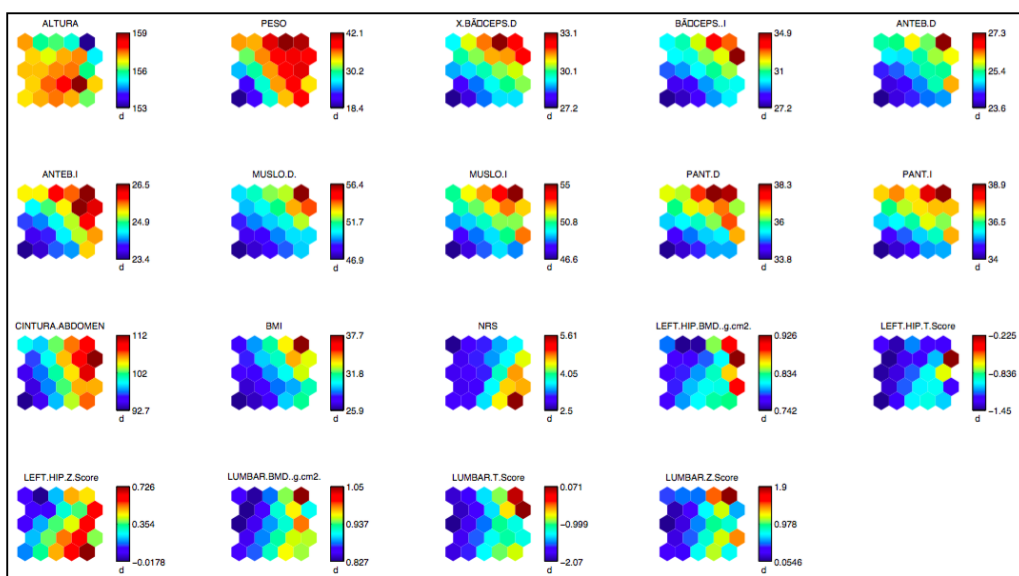


Figura 3.3: Mapa de componentes del mapa auto-organizado.

Considerando los resultados del trabajo y centrándose en el lugar que ocupa la zona de agrupación naranja se observó que los sujetos tenían una estatura media alta (color amarillo-naranja), un menor peso (color azul) y un menor IMC, el cual coincide con una menor circunferencia abdominal y perímetros corporales (colores azules). También se registró una menor densidad de masa ósea (color azul). Las tonalidades de color azul en términos de T-Score representan valores de osteopenia y osteoporosis. De igual manera registró una intensidad de dolor baja (color azul).

Si se centra la atención en la zona de agrupación amarilla de la figura 3.2 y se relaciona con los resultados del mapa de componentes (ver figura 3.3) los sujetos de esta zona presentaron una menor altura (color azul), mayor peso (color rojo), mayor IMC y consecuentemente mayores perímetros corporales. También registran mayor masa mineral ósea (color rojo) y una intensidad de dolor media (color azul claro-amarillo).

3.2. BLOQUE 2: MODELO LINEAL GENERAL EN ESTADÍSTICA

3.2.1. Comparación de los grupos: GE y GC o factor comparación de normalidad

La muestra estudiada presentó una media de edad de $71,07 \pm 4,70$ años, altura de $156,86 \pm 5,94$ cm y peso de $71,29 \pm 10,92$ Kg.

Los resultados obtenidos en el análisis de las diferencias entre grupos para las diferentes variables estudiadas mostraron resultados similares en el pre estudio respecto al grupo seleccionado como muestra de normalidad. De esta manera se puede garantizar que los valores obtenidos son normales entre ellos, como se muestra en la tabla 3.1 y la tabla 3.2.

Tabla 3.1: Valores medios de los parámetros analizados para el GE y el GC

	GE		GC (factor de normalidad)		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Edad (años)	70,89	4,42	71,18	4,98	0,84
Altura (cm)	158,07	5,27	156,23	6,34	0,3
IMC (kg/m ²)	28,72	4,47	29,24	4,98	0,71
Peso (kg)	71,55	9,92	71,16	11,72	0,81
NRS	3,61	1,75	4,68	2,85	0,07
Estabilidad total (%)	89,22	5,96	91,88	3,44	0,09
Brazo dcho.(cm)	30,02	3,13	29,85	3,49	0,86
Brazo izdo.(cm)	29,7	3,03	30,04	3,87	0,75
Antebrazo dcho. (cm)	24,76	1,7	24,95	2,17	0,74
Antebrazo izdo. (cm)	24,42	1,73	24,92	2,23	0,45
Muslo dcho. (cm)	49,83	3,29	50,17	4,78	0,77
Muslo izdo. (cm)	49,76	3,22	50,04	4,93	0,83
Pierna dcha. (cm)	35,59	2,51	35,78	2,87	0,81
Pierna izda. (cm)	35,84	2,26	36,11	3,03	0,74
Cintura abdomen (cm)	99,66	8,73	101,62	11,94	0,54
25 (OH) D (ng/mL)	24,73	8,49	22,05	9,84	0,33
Beta-crosslaps (pg/mL)	408,94	188,87	324,56	117,48	0,05
Calcio (mg/dL)	9,64	0,33	9,62	0,52	0,89
Fósforo (mg/dL)	3,47	0,48	3,53	0,37	0,61
Left Hip BMD (g/cm ²)	0,81	0,06	0,79	0,11	0,62
Left Hip T-Score	-1,15	0,57	-1,17	0,8	0,93
Left Hip Z-Score	0,36	0,59	0,28	0,69	0,71

Tabla 3.2: Valores medios de los parámetros analizados para el GE y el GC

	GE		GC (factor de normalidad)		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Lumbar BMD (g/cm ²)	0,89	0,17	0,9	0,14	0,88
Lumbar T-Score	-1,58	1,39	-1,45	1,25	0,45
Lumbar Z-Score	0,38	1,29	0,53	1,44	0,56
Colesterol (mg/dL)	222,72	42,88	208,65	32,82	0,25
Colesterol HDL (mg/dL)	60,56	17,06	58,97	13,19	0,71
Colesterol LDL (mg/dL)	142,54	35,86	129,88	28,09	0,16
Colesterol VLDL (mg/dL)	19,11	14,05	19,35	6,35	0,25
Triglicéridos (mg/dL)	96,94	69,81	98,53	31,95	0,26
GOT UI/L	22,39	7,08	20,79	5,54	0,37
GPT UI/L	18,22	8,65	18,74	7,57	0,82
GGT UI/L	21,56	11,76	22,32	13,36	0,71
PCR ultrasensible (mg/L)	4,28	4	3,64	2,76	0,45
Creatinina (mg/dL)	0,78	0,1	0,77	0,11	0,08*
Filtrado glomerular 90 (mL/min)	77,17	9,22	78,65	10,6	0,46
Ácido úrico (mg/dL)	4,94	1,51	4,73	1,32	0,71
T.S.H. (μ UI/mL)	2,19	0,72	2,05	0,9	0,58
Estradiol (pg/mL)	0,28	0,46	0,26	0,45	0,92
HOMA	1,15	0,41	1,29	0,65	0,71
Glucosa (mg/dL)	101,22	10,53	107,82	24,84	0,74
Insulina (μ UI/mL)	8,63	3,01	9,63	4,82	0,71

* Indica diferencias significativas ($p < ,001$).

También se analizaron las diferencias entre grupos en base a la cantidad de factores de riesgo clínico de fractura osteoporótica principal y fractura de cadera según FRAX®. El 50 % de las mujeres que formaron el GE presentaron 0 factores de riesgo clínico (FRC). El 39 % lo formaron mujeres con 1 FRC y el 11 % restante lo formaron las mujeres con 2 FRC. Por otro lado, el GC estuvo formado por un 41 % de mujeres con 0 FRC, un 41 % con 1 FRC, un 15 % con 2 FRC y un 3 % con 3 FRC, como se puede ver en la figura 2.1.

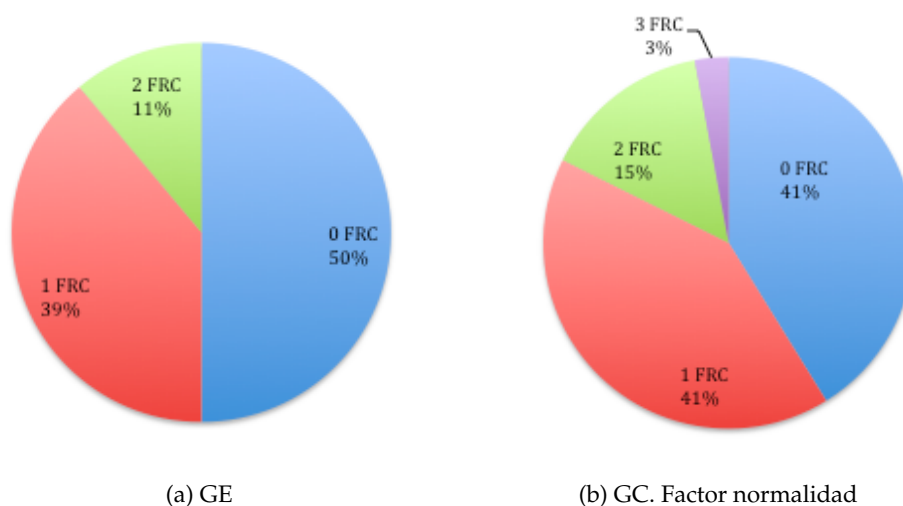


Figura 3.4: Proporción de mujeres según factores de riesgo clínico (FRC) para la herramienta FRAX®.

A continuación se muestran los resultados obtenidos según variables para el GE entre el pre test y el pos test después de completar los 12 meses de ejercicio.

3.2.2. Análisis de las diferencias entre el pre test y el pos test en el GE según variables

El GE tenía una media de edad de $70,89 \pm 4,42$ años, altura de $158,07 \pm 5,27$ cm y peso de $71,55 \pm 9,92$ Kg.

3.2.2.1. Parámetro relacionado con el dolor

Respecto al dolor, nuestros resultados muestran un cambio significativo entre pre y pos test. Como se puede observar en la tabla 3.3 la media de dolor en el pre test fue de $3,61 \pm 1,75$ y en el pos test de $1 \pm 1,46$.

Tabla 3.3: Valoración del dolor según la escala numérica del dolor (NRS)

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
NRS	3,61	1,75	1	1,46	<,001*

* Indica diferencias significativas ($p < ,001$).

Teniendo en cuenta que la escala es representada mediante una línea de 11 puntos donde 0 representa un extremo de dolor (extremo de no dolor) y 10 representa el otro extremo de dolor (extremo de máximo dolor), se puede afirmar que hay una disminución de dolor después de 12 meses de ejercicio físico, como se puede ver en la figura 3.5.

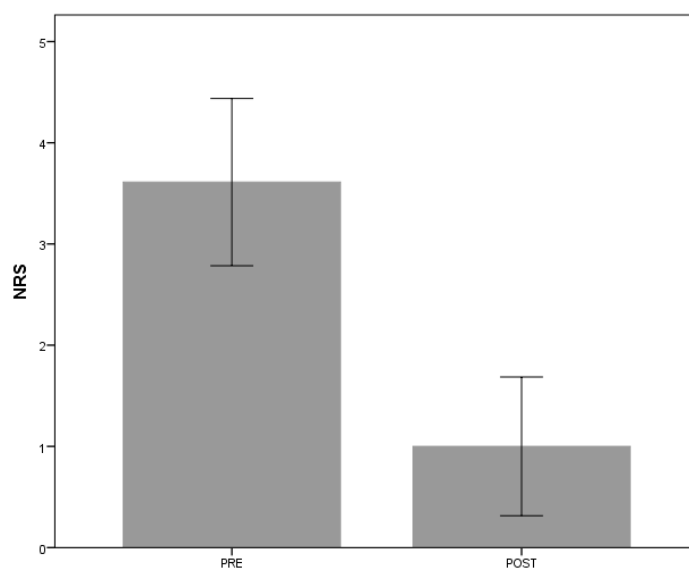


Figura 3.5: Valoración del dolor. Comparación entre pre y pos test respecto al peso. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media.

Existen diferencias significativas ($p < ,001$).

3.2.2.2. Parámetros relacionados con la estabilidad

La valoración de cada límite de estabilidad está basada en una ponderación de diferentes parámetros referidos a patrones de normalidad como desplazamiento máximo (55 %), tiempo de reacción (10 %), control direccional (25 %), éxito (5 %) y tiempo de confinamiento (5 %) respecto a los patrones de normalidad.

Las valoraciones medias de cada límite de estabilidad tras ponderación de los parámetros registrados por el posturógrafo, fueron de $89,22 \pm 5,96$ y en el pos test de $93,50 \pm 2,01$, como se puede ver en la tabla 3.4 y en la figura 3.6.

Tabla 3.4: Puntuación media en la prueba de los límites de estabilidad.

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Estabilidad total (%)	89,22	5,96	93,5	2,01	<,001*

* Indica diferencias significativas ($p < ,001$).

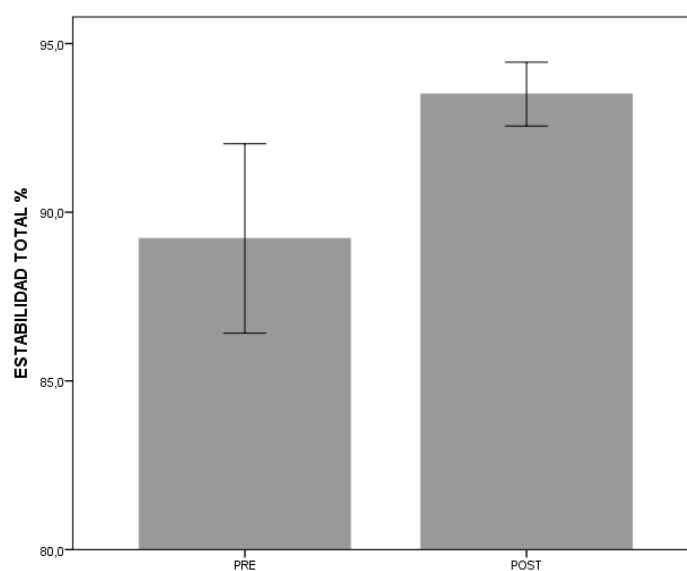


Figura 3.6: Valoración de los límites de estabilidad. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. Existen diferencias significativas ($p < ,001$).

3.2.2.3. Parámetros relacionados con factores cardiovasculares

Para conocer el perfil de riesgo cardiovascular y consecuentemente predecir riesgo cardiovascular se ha combinado principalmente un buen marcador de inflamación, como la PCR-Ultrasensible y el perfil lipídico en base a colesterol y triglicéridos.

También se ha incluido el IMC, la cintura abdominal y las transaminasas Glutamicopirúvica (GPT), la Glutámico-oxalacética (GOT) y la Gamma glutamil transpeptidasa (GPP) (ver tabla 3.5). De igual manera se ha incluido el perfil renal dado que en los últimos años se considera un factor pronóstico de las enfermedades cardiovasculares (ver tabla 3.6).

■ PCR Ultrasensible

Los resultados muestran un cambio significativo entre pre y pos test. Como se puede observar en la tabla 3.5 y en la figura 3.7, la media para la PCR ultrasensible en el pre test fue de $4,28 \pm 4,00$ mg/L y en el post test de $2,54 \pm 2,02$ mg/L, con una $p=,019$.

■ Perfil Lipídico: Colesterol y triglicéridos

Respecto a los valores obtenidos para el colesterol total se observó una disminución entre los dos tiempos. Presentaron una media de $222,72 \pm 42,88$ mg/dL en el pre test y de $207 \pm 34,77$ mg/dL en el pos test. Este cambio no se considera estadísticamente significativo, el valor $p=,192$, sin embargo los valores del HDL aumentaron, la media en el pre test fue de $60,56 \pm 17,06$ mg/dL y en el pos test de $63,39 \pm 12,43$ mg/dL. Este aumento no se considera estadísticamente significativo, el valor $p=,241$. Los niveles de triglicéridos disminuyeron con una media en el pre test de $96,94 \pm 69,81$ mg/dL y en el pos test de $87,72 \pm 28,4$ mg/dL. Esta disminución no se considera estadísticamente significativa, ya que el valor de $p=,813$.

■ IMC

En el IMC se observó un ligero cambio entre pre y pos test pero no es suficiente para que sea significativo. Las mujeres se mantuvieron en el riesgo aumentado de complicaciones metabólicas con una media de $28,51 \pm 4,24$ Kg/m².

■ **Transaminasas GPT, GOT, GPP**

Estas variables presentaron un ligero cambio entre pre y pos test sin considerarse diferencias significativas.

Tabla 3.5: Características bioquímicas en suero respecto al perfil lipídico, hepático y composición corporal

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Colesterol (mg/dL)	222,72	42,88	207	34,77	0,192
Colesterol HDL (mg/dL)	60,56	17,06	63,39	12,43	0,241
Colesterol LDL (mg/dL)	142,54	35,86	125,78	33,15	0,107
Colesterol VLDL (mg/dL)	19,11	14,05	17,22	5,52	1,000
Triglicéridos (mg/dL)	96,94	69,81	87,72	28,4	0,813
GOT UI/L	22,39	7,08	24,56	12,64	0,794
GPT UI/L	18,22	8,65	22,28	21,18	0,604
GGT UI/L	21,56	11,76	20,72	15,01	0,266
PCR ultrasensible (mg/L)	4,28	4	2,54	2,02	0,019*
Cintura abdomen (cm)	99,66	8,73	96,99	9,35	<,001*
IMC (kg/m^2)	28,72	4,47	28,51	4,24	0,402

* Indica diferencias significativas ($p < ,001$).

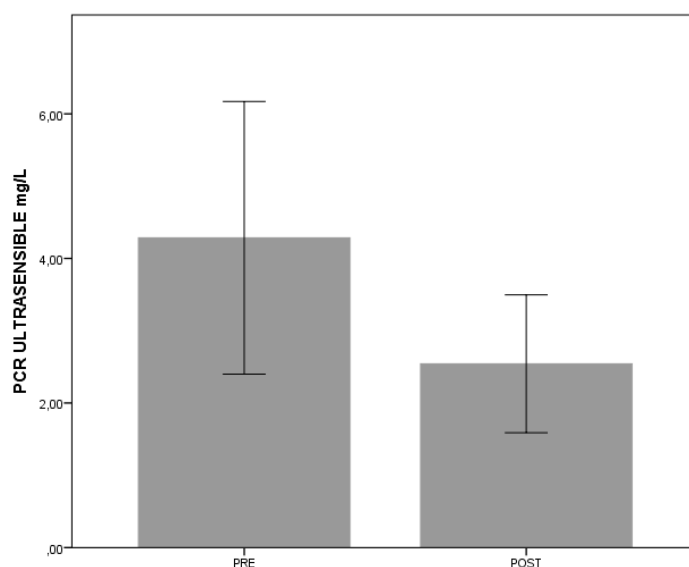


Figura 3.7: Valores PCR-Ultrasensible. Características bioquímicas en suero. Comparación entre pre y pos test respecto. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. Existen diferencias significativas ($p=,019$).

▪ Perfil renal: Tasa de Filtrado Glomerular (TFG), Creatinina y Ácido Úrico

• TFG

Los resultados muestran un cambio significativo entre pre y pos test. La media de TFG en el pre test fue de $77,17 \pm 9,22$ mL/min/1.73 m² y en el pos test de $82,00 \pm 7,95$ mL/min/1.73 m² con un valor de $p=,001$. Ver la tabla 3.6 y la figura 3.8. Los valores normales para la TFG se sitúan en 90 a 120 mL/min/1.73 m² y en las personas mayores estos niveles sitúan por debajo de lo normal sin llegar al límite establecido como valor de insuficiencia renal (60 mL/min/1.73 m²). De manera que hay un aumento de la TFG que se acerca a los valores normales de TFG.

- **Creatinina**

Las valoraciones medias para la creatinina en suero fue de $0,78 \pm 0,10$ mg/dL en el pre test y de $0,73 \pm 0,8$ mg/dL en el pos test con una $p=,019$. Ver tabla 3.6 y la figura 3.9.

Existen diferencias significativas entre el pre test y post test, de manera que, considerando que los valores de normalidad para los niveles de creatinina en suero son de 0.6 a 1.1 mg/dL, se puede observar que las mujeres se mantienen en unos niveles de creatinina normales.

- **Ácido Úrico**

Esta variable presentó un ligero cambio entre pre y pos test sin considerarse diferencias significativas con un valor de $p=0,205$.

Tabla 3.6: Características bioquímicas en base al perfil renal como factor pronóstico de las enfermedades cardiovasculares

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Creatinina (mg/dL)	0,78	0,1	0,73	0,08	0,019*
Filtrado glomerular 90 (mL/min)	77,17	9,22	82	7,95	<,001*
Ácido úrico (mg/dL)	4,94	1,51	4,72	1,48	0,205

* Indica diferencias significativas ($p<,001$).

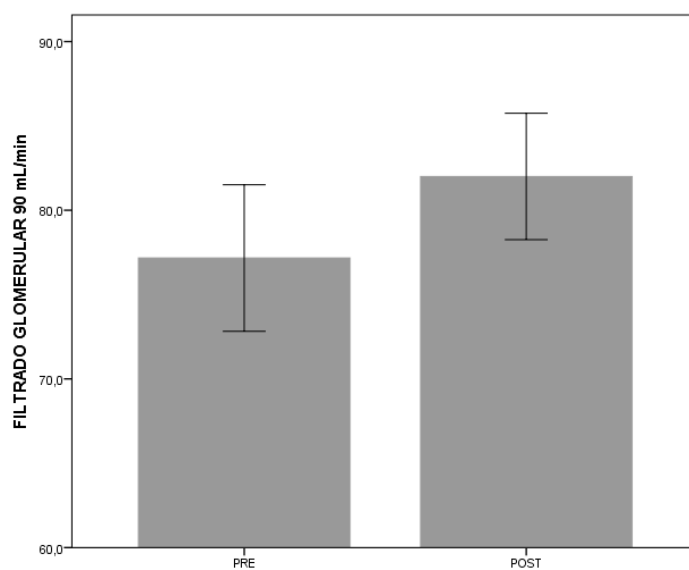


Figura 3.8: Valores de la Tasa de Filtrado Glomerular (TFG). Características bioquímicas en suero. Comparación entre pre y pos test respecto. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. Existen diferencias significativas ($p < ,001$).

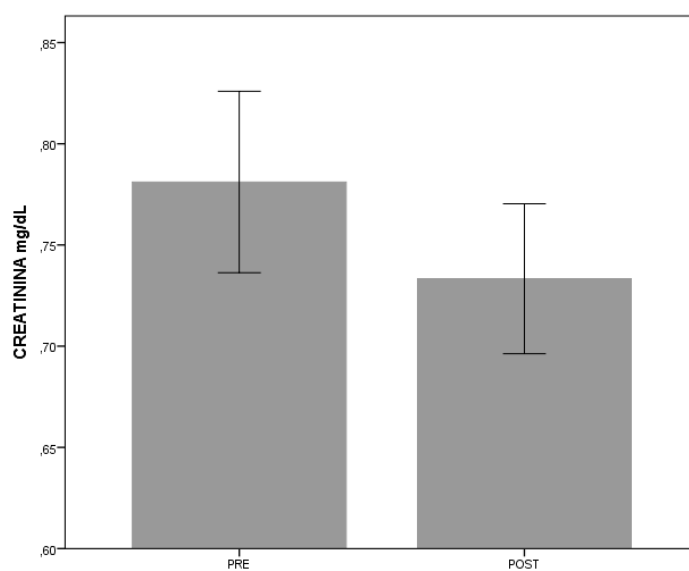


Figura 3.9: Valores de la creatinina. Características bioquímicas en suero. Comparación entre pre y pos test respecto. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. Existen diferencias significativas ($p = ,019$).

Sin embargo, todo y haber resultados estadísticamente significativos para el FG y la creatinina, no se consideran clínicamente significativos dado que se mantienen en niveles establecidos como normales.

3.2.2.4. *Parámetros relacionados con la masa ósea*

En el estudio, como parámetros relacionados con la masa ósea se analizaron los niveles en suero de la 25-Hidroxi Vitamina D, el telopéptido carboxilo-terminal del colágeno tipo I o Beta-Crosslaps y los datos obtenidos en la densitometría ósea según DEXA para cadera total y zona lumbar. Ver en la tabla 3.7.

Dentro de este apartado, se muestra también el análisis integrado de los dos riesgos que calcula la herramienta FRAX® (fractura osteoporótica principal y fractura de cadera) y el nivel de riesgo a partir de los umbrales de la NOGG.

■ **25- hidroxil Vitamina D**

Los valores medios para los niveles en suero de la 25- hidroxil Vitamina D fueron en el pre test de $24,73 \pm 8,49$ ng/ml y en el pos test de $29,69 \pm 9,81$ ng/ml. Hubo un ligero incremento de los niveles pero no se consideran estadísticamente significativos dado que $p=,078$.

■ **Telopéptido carboxilo-terminal del colágeno tipo I o Beta-Crosslaps**

Los valores medios obtenidos por los Beta-Crosslaps (CTX) fueron de $408,94 \pm 188,87$ pg/mL en el pre test y de $332,11 \pm 207,30$ pg/mL en el pos test. Se puede observar que hubo una disminución entre los dos tiempos pero no se considera significativa dado que $p=,099$.

■ **Valores densitométricos. DEXA**

Los resultados de las mediciones de DMO para cadera y vertebra lumbar son expresados habitualmente en términos de índice T (o T-score), que es el número de desviaciones estándar en que la medición de DMO difiere de la densidad ósea de la población sana de 20 a 29 años (<pico>de la DMO) y en términos

de índice Z (o Z- score), que se obtiene al comparar la medición de DMO con valores de referencia de sujetos de igual sexo y edad. Los datos obtenidos resultaron significativos para el valor de T-Score de cadera, donde la media del pre test para T-Score de cadera es de $-1,15 \pm 0,57$ y en el pos test es de $-1,36 \pm 0,67$, con una $p,009$ (ver figura 3.10).

Tabla 3.7: Características bioquímicas en suero relacionadas con la masa ósea y datos densitométricos.

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
25 OH (D) (ng/mL)	24,73	8,49	29,69	9,81	0,078
Beta-crosslaps (pg/mL)	408,94	188,87	332,11	207,3	0,099
Calcio (mg/dL)	9,64	0,33	9,51	0,33	0,072
Fósforo (mg/dL)	3,47	0,48	3,36	0,4	0,225
LEFT HIP BMD (g/cm^2)	0,81	0,06	0,77	0,08	0,112
LEFT HIP T-Score	-1,15	0,57	-1,36	0,67	0,009*
LEFT HIP Z-Score	0,36	0,59	0,26	0,69	0,422
Lumbar BMD (g/cm^2)	0,89	0,17	0,85	0,11	0,191
Lumbar T-Score	-1,58	1,39	-1,76	1,03	0,604
Lumbar Z-Score	0,38	1,29	0,46	1,1	0,406

* Indica diferencias significativas ($p < ,001$).

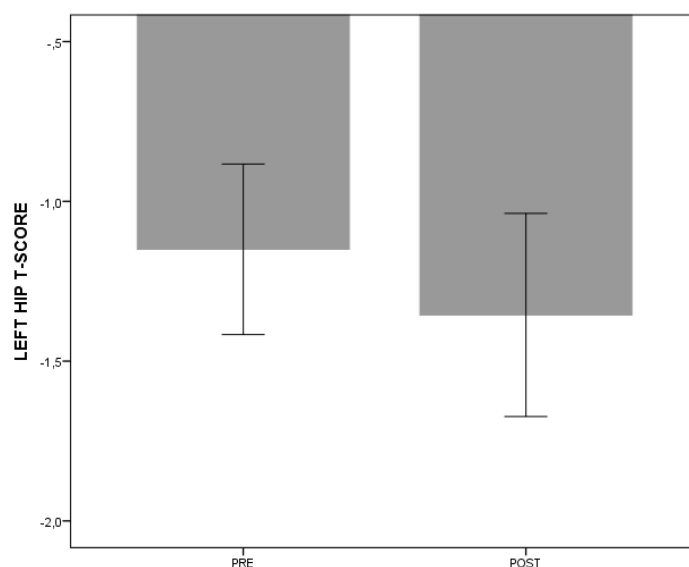


Figura 3.10: Valor de la T-Score según DEXA. Comparación entre pre y pos test respecto. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media.

Existen diferencias significativas ($p=,019$).

■ FRAX®: WHO Fracture risk assessment tool

En este apartado se va a mostrar los resultados obtenidos al calcular el riesgo de fractura mediante FRAX pre-DEXA el cual requiere conocer el IMC y los factores de riesgo clínico (FRC). La tabla 3.8 muestra la distribución de mujeres por número de FRC, el valor medio del IMC y la edad según el número de FRC. En el pre test se observó que la muestra estaba compuesta por 9 mujeres con 0 FRC, las cuales presentaban un IMC medio de $28,23 \pm 2,48 \text{ Kg/m}^2$ y una edad media de $70,77 \pm 5,11$ años, 7 mujeres con 1 FRC, un IMC medio de $30,48 \pm 5,66 \text{ Kg/m}^2$ y una edad media de $71,14 \pm 3,60$ años y 2 mujeres con 2 FRC, un IMC de $24,7 \pm 1,3 \text{ Kg/m}^2$ y una edad media de $70,5 \pm 1,5$ años. En el pos test se observa que las muestras siguieron manteniendo la misma distribución respecto al número de FRC pero existió una ligera disminución del IMC. El cambio en este valor no resulta significativo dado que sigue manteniéndose dentro del mismo nivel establecido por FRAX®, nivel de 25-30 Kg/m^2 .

Tabla 3.8: IMC según FRC establecidos según FRAX®.

n	nFRC	Pre Test		Pos Test	
		Edad	IMC	Edad	IMC
9	0	70,77 ± 5,11	28,23 ± 2,48	71,77 ± 5,11	28,11 ± 2,70
7	1	71,14 ± 3,60	30,48 ± 5,66	72,14 ± 3,60	30,32 ± 4,93
2	2	70,5 ± 1,5	24,7 ± 1,3	71,5 ± 1,5	23,95 ± 1,35

Según las tablas proporcionadas por FRAX ® relacionadas con el BMI para fractura de cadera (ver anexo E) y para fractura osteoporótica mayor (ver anexo D) basadas en datos epidemiológicos de población Española femenina de 70 años [Disponibles <https://www.shef.ac.uk/FRAX/charts.aspx?lang=sp> (Última consulta 6 de Enero de 2016)] se obtiene la probabilidad de fractura a 10 años para fractura osteoporótica principal y fractura de cadera, como se puede ver en la tabla 3.9. Esta probabilidad de fractura es idéntica en el pre y pos test dado que el cambio de media en el IMC no es suficiente como para cambiar de nivel, manteniéndose este entre 25-30 Kg/m². Las mujeres con 0 FRC tienen una probabilidad de fractura a 10 años para fractura de cadera de 1,6% y para fractura principal de 5,5. Las mujeres con 1 FRC tienen una probabilidad de fractura a 10 años para fractura de cadera de 2,9% (2,3-3,3) y para fractura principal de 7% (5,3-8,9). Las mujeres con 2 FRC tienen una probabilidad de fractura a 10 años para fractura de cadera de 9,2% (6,2-12) y para fractura principal de 16% (10-12). Los rangos establecidos no son intervalos de confianza, es un rango que se establece según FRC dado que todos los FRC no tienen el mismo valor de significado.

Tabla 3.9: Probabilidad de fractura de pre y pos test. Riesgo de fractura osteoporótica principal y fractura de cadera a 10 años.

n	nFRC	Riesgo a 10 años de fractura en el pre test		Riesgo a 10 años de fractura en el pos test	
		Fractura cadera	Fractura principal	Fractura cadera	Fractura principal
9	0	1,6	5,5	1,6	5,5
7	1	2,9 (2,3-3,3)	7 (5,3-8,9)	2,9 (2,3-3,3)	7 (5,3-8,9)
2	2	9,2 (6,2-12)	16 (10-12)	9,2 (6,2-12)	16 (10-21)

La siguiente figura muestra la distribución de casos que resultan de riesgo bajo, intermedio y alto calculados por FRAX® con umbrales de la NOGG. Como se puede observar en la figura 3.11, aplicando umbrales NOGG a FRAX® pre-densitometría sólo 4 mujeres se derivarían a densitometría, las 14 restantes solo requerirían consejos de vida saludable. Esta información se ha de entender como un supuesto análisis de los resultados de FRAX® como criterio selectivo para la solicitud de densitometría dado que los umbrales NOGG no están definidos para la población española.

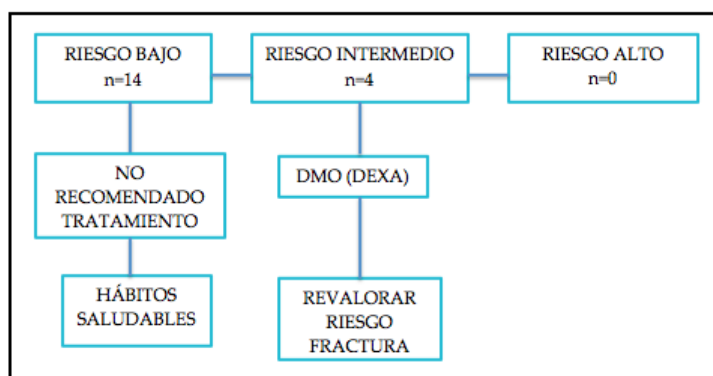


Figura 3.11: Algoritmo de clasificación de niveles de riesgo aplicando los umbrales de la NOGG una vez integrados los riesgos para fracturas principales y fracturas de cadera de la herramienta FRAX®.

3.2.2.5. *Parámetros relacionados con el metabolismo de los hidratos de carbono.*

■ **Modelo homeostático o Índice HOMA (Homeostasis Model Assessment)**

El valor del Índice Homa presentó una media de $1,15 \pm 0,41$ en el pre test y de $1,12 \pm 0,58$ en el pos test. Hubo un ligero cambio entre pre y pos test sin considerarse significativo, con un valor de $p=,344$. Ver tabla 3.10.

■ **Glucosa**

Los valores medios de glucosa en suero fueron de $101,22 \pm 10,53$ mg/dL en el pre test y de $101,67 \pm 11,29$ mg/dL en el pos test. Se observó un ligero aumento entre los dos tiempos. No se considera significativa dado que $p=,553$. Ver tabla 3.10.

■ **Insulina**

Los valores medios de Insulina en suero fueron de $8,63 \pm 3,01$ ($\mu\text{UI}/\text{mL}$) en el pre test y de $8,4 \pm 4,31$ ($\mu\text{UI}/\text{mL}$) en el pos test. Se puede observar que ha habido una disminución entre los dos tiempos pero no se considera significativa dado que $p=,300$. Ver tabla 3.10.

Tabla 3.10: Características bioquímicas en suero relacionadas con el metabolismo de los hidratos de carbono. Evaluación modelo Homeostático HOMA

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
HOMA	1,15	0,41	1,12	0,58	0,344
Glucosa (mg/dL)	101,22	10,53	101,67	11,29	0,553
Insulina ($\mu\text{UI}/\text{mL}$)	8,63	3,01	8,4	4,31	0,300

3.2.2.6. *Parámetros relacionados con factores hormonales*

El análisis de los resultados obtenidos respecto a los niveles hormonales, en concreto de la hormona Tirotrópica (TSH) presentaron una media de $2,19 \pm 0,72 \mu\text{UI}/\text{mL}/\text{mL}$ en el pre test y de $2,11 \pm 0,8 \mu\text{UI}/\text{mL}/\text{mL}$ en el pos test. Hubo una ligera disminución de los niveles de TSH, pero no se consideran estadísticamente significantes con un valor $p=,665$. Ver tabla 3.11.

Tabla 3.11: Características bioquímicas hormonales en suero. Nivel de Tirotrópica (TSH).

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
T.S.H. ($\mu\text{UI}/\text{mL}$)	2,19	0,72	2,11	0,8	

3.2.2.7. *Parámetros relacionados con la antropometría.*

En la comparativa para los perímetros corporales de brazo, antebrazo, muslo, pierna, cintura abdominal y peso después de 12 meses de trabajo se encontraron diferencias significativas en varias mediciones, como se puede ver en la tabla 3.12. El perímetro de brazo dcho. presentó una media $30,02 \pm 3,13$ cm en el pre test la cual pasó a ser de $28,82 \pm 2,92$ cm en el pos test, con una $p<,001$. El perímetro de brazo izdo. presentó una media $29,7 \pm 3,03$ cm en el pre test y pasó a ser de $28,89 \pm 3,15$ cm en el pos test, con un $p<,001$ (ver gráfica 3.17). El perímetro del antebrazo dcho. pasó de tener una media inicial de $24,76 \pm 1,7$ cm a ser de $24,48 \pm 1,59$ cm en el pos test, con una $p=,029$ (ver gráfica 3.13). El perímetro de muslo dcho. presentó una media $49,83 \pm 3,29$ cm en el pre test y una media de $49,03 \pm 3,27$ cm en el pos test, con una $p=,010$. El perímetro de muslo izdo. presentó una media $49,76 \pm 3,22$ cm en el pre test pasó a ser de $49,01 \pm 3,41$ cm en el pos test, con una $p=,008$ (ver gráfica 3.14). El perímetro de la pierna dcha. presentó una media $35,59 \pm 2,51$ cm en el pre

test pasó a ser de $35,19 \pm 2,56$ cm en el pos test, con una $p=,018$ (ver gráfica 3.15). El perímetro de la cintura abdominal presentó una media $99,66 \pm 8,73$ cm en el pre test la cual pasó a ser de $96,99 \pm 9,35$ cm en el pos test, con una $p<,001$ (ver gráfica 3.16). Sin embargo, en la comparación de la medida del perímetro del antebrazo izdo. no se obtuvieron diferencias significativas, con una $p=,525$ y en la medida del perímetro de la pierna izda. tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre el pre test y pos test, con una $p=,107$.

Tabla 3.12: Parámetros relacionados con la antropometría.

	GE				
	Pre		Pos		p
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Brazo dcho. (cm)	30,02	3,13	28,82	2,92	<,001*
Brazo izdo. (cm)	29,7	3,03	28,89	3,15	<,001*
Antebrazo dcho. (cm)	24,76	1,7	24,48	1,59	0,029*
Antebrazo izdo. (cm)	24,42	1,73	24,34	1,51	0,525
Muslo dcho. (cm)	49,83	3,29	49,03	3,27	0,010
Muslo izdo. (cm)	49,76	3,22	49,01	3,41	0,008*
Pierna dcha. (cm)	35,59	2,51	35,19	2,56	0,018*
Pierna izda. (cm)	35,84	2,26	35,54	2,46	0,107
Cintura abdomen (cm)	99,66	8,73	96,99	9,35	<,001*
Peso (kg)	71,55	9,92	70,24	9,34	0,001*

* Indica diferencias significativas ($p<,001$).

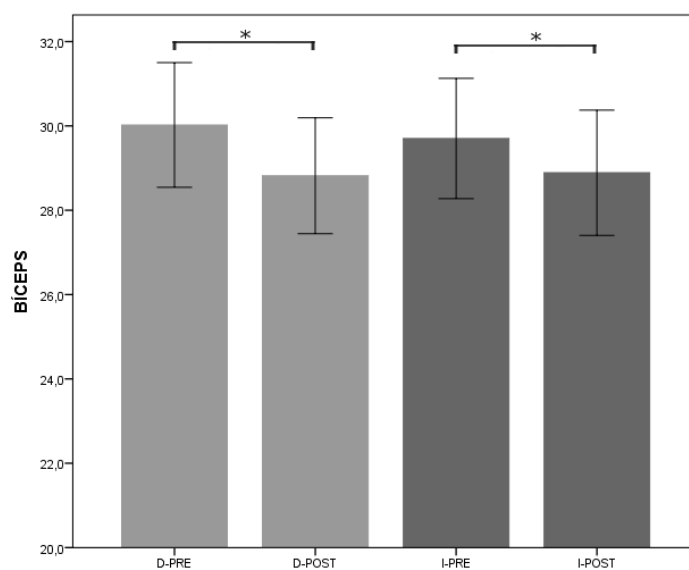


Figura 3.12: Perímetro del brazo. Comparación entre pre y pos test en las variables brazo dcho. y brazo izdo. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. * Indica diferencias significativas en el perímetro del brazo dcho. ($p < ,001$) y el perímetro del brazo izdo. ($p < ,001$).

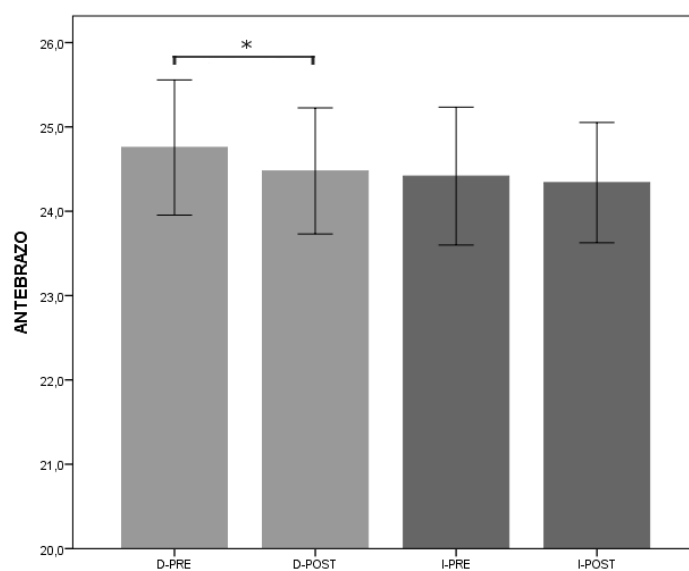


Figura 3.13: Perímetro del antebrazo. Comparación entre pre y pos test en las variables antebrazo dcho. y antebrazo izdo. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. * Indica diferencias significativas en el perímetro del antebrazo dcho. ($p = ,029$).

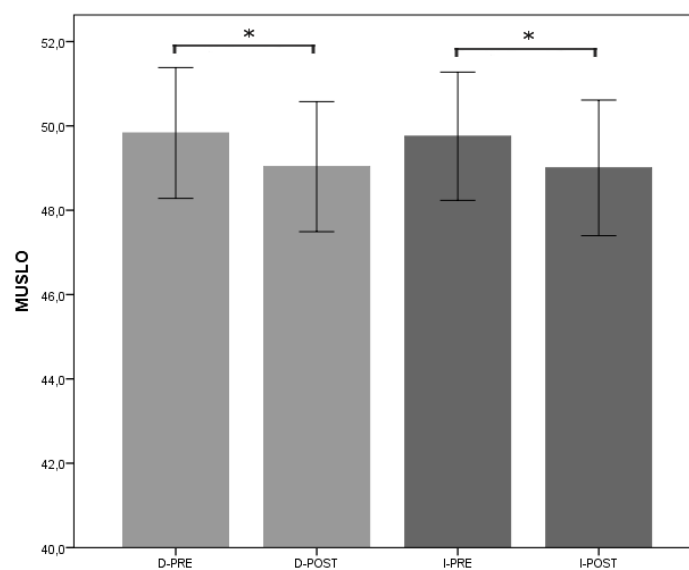


Figura 3.14: Perímetro del muslo. Comparación entre pre y pos test en las variables muslo dcho. y muslo izdo. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media.

* Indica diferencias significativas para el perímetro del muslo dcho. ($p=,010$) y para el perímetro del muslo izdo. ($p=,008$).

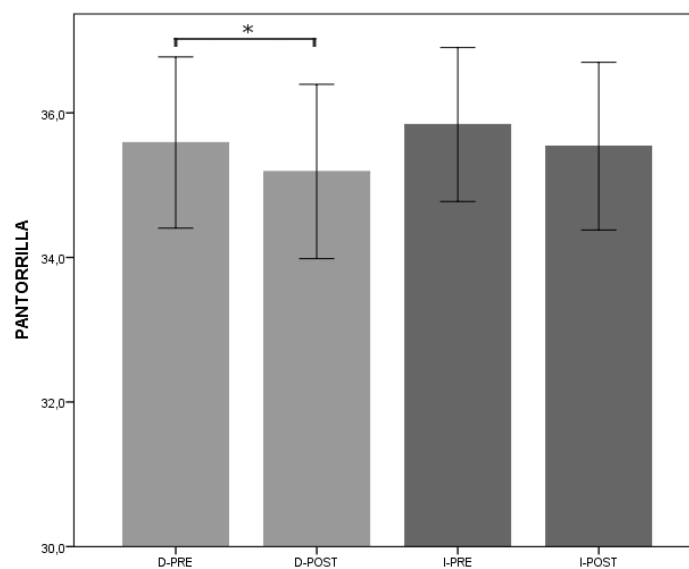


Figura 3.15: Perímetro de la pierna. Comparación entre pre y pos test en las variables pierna dcha. (D) y pierna izda. (I). Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media.*

Indica diferencias significativas para el perímetro de la pierna dcha. ($p=,018$).

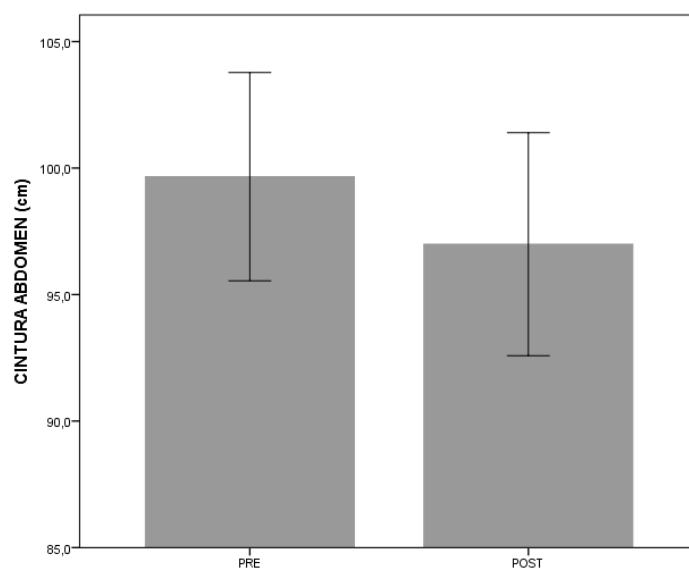


Figura 3.16: Perímetro de la cintura abdominal. Comparación entre pre y pos test respecto al perímetro abdominal. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. Existen diferencias significativas ($p < ,001$).

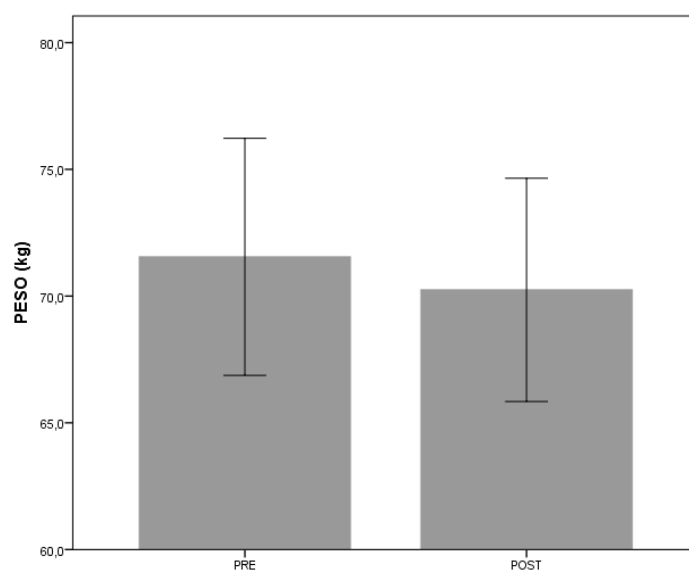


Figura 3.17: Medida del peso corporal. Comparación entre pre y pos test respecto al peso. Las columnas representan la media y las barras de error representan el error estándar de la media. Existen diferencias significativas ($p < ,001$).

CAPÍTULO: Discusión

4. Discusión

Tras analizar los resultados y ver el comportamiento de cada variable se procede a discutir dichos resultados. La valoración de la intensidad del dolor se llevó a cabo mediante la escala de calificación numérica NRS¹²³. Los resultados obtenidos indicaron una disminución significativa del dolor en el pre y post test con un promedio de 2,61. En 2011 Farrar et al¹³³ concluyeron que una reducción de aproximadamente dos puntos o un 30 % en la intensidad del dolor según la escala de calificación numérica NRS representaba una diferencia clínicamente importante. Los resultados obtenidos son similares al estudio realizado por Yline et al¹³⁴ en 2003, donde el entrenamiento de la fuerza y la resistencia durante un año disminuyó el dolor crónico y la discapacidad en mujeres considerándolo como el método más eficaz ante estiramiento y el ejercicio aeróbico. Posteriormente, en el año 2005, Bruce et al⁸⁸ afirmaron que el ejercicio físico reducía el dolor músculo-esquelético asociado al envejecimiento sin olvidar, que la disminución del dolor desaparece si el entrenamiento se lleva a cabo sólo durante unos pocos meses¹³⁵.

También se analizaron los límites de estabilidad y el control voluntario de los cambios posturales, los cuales informan de la capacidad para realizar movimientos de forma segura^{126,136}. El análisis comparativo entre los grupos después de la realización de ejercicio durante 12 meses obtuvo diferencias significativas. Los sujetos estudiados obtuvieron una mejora del 4 % respecto a porcentaje inicial, situándose en un 93 % de estabilidad. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Camacho et al¹³⁷ en 2008 donde confirman que el ejercicio físico contribuye a mejorar el equilibrio.

En el año 2009, Ortuño et al¹²⁶ afirmaron que cuando los límites de estabilidad están alterados o el ajuste de los desplazamientos del centro de gravedad es inadecuado, es más fácil que se produzca una caída. Un año después, el estudio de Broseta et al¹³⁶ reafirmaron los resultados de Ortuño. Anualmente se estima que aproximadamente el 30 % de los sujetos mayores de 65 años sufren al menos una caída y el 15 % de estos tienen varias. El estudio de Lavedan et al¹³⁸ en 2014 afirmó que una de cada 4 personas mayores presentaron al menos una caída en el último año. Sin embargo hay pocos trabajos que investiguen sobre los límites de estabilidad y su interés en la valoración funcional del paciente inestable. En el 2001, Girardi et al¹³⁹ señalaron que esta prueba era la parte más importante de la posturografía dinámica para identificar a pacientes con caídas y una buena herramienta de predicción.

Respecto al estudio óseo, se analizaron los valores séricos de 25(OH)D como método de medida para distinguir los estados de deficiencia y de suficiencia de vitamina D^{140,141}. Las mujeres del estudio antes de realizar el ejercicio físico tenían déficit de vitamina D con un valor de 24,73 ng/ml. Al finalizar el estudio registraron un valor de 25(OH)D de 29,69 ng/ml, situándose casi en el límite inferior de lo que se considera un nivel saludable (30-50 ng/ml) según el estudio de Holick¹⁴² en 2003 y de Marazuela¹⁴¹ en 2005. Es decir, disminuyeron el déficit de vitamina D favoreciendo la absorción de fósforo y de calcio y consecuentemente reduciendo el riesgo de fracturas y caídas^{143,144}. También se llevó a cabo el análisis del marcador de resorción ósea telopéptido carboxiterminales (CTX) del colágeno o Beta-Crosslaps como elemento que se libera durante el proceso de resorción ósea. En 1992 se demostró su correlación significativa con la DMO en mujeres posmenopáusicas¹⁴⁵ y en 2008 se consideró uno de los marcadores de resorción ósea más útiles en la práctica clínica¹⁴⁶. De manera que los valores en suero de los Beta-Crosslaps (CTX) en el pos test registraron una disminución del 18'83 % respecto al valor pre test. En 2012, Barco et al¹⁴⁷ concluyeron que un cambio significativo sería una reducción entre el 40-70 % y esto sólo ocurre cuando se usa un antirresortivo potente (bifosfonatos) o

bien, en descensos más modestos (30-40 %) sería con anticatabólicos menos enérgicos (raloxifeno). El hecho de no observar estos niveles de reducción en el grupo estudiado aporta fiabilidad al estudio dado que uno de los principales criterios de inclusión en el GE era el de no haber realizado previamente tratamiento con bifosfonados (alendronato, ibandronato, risedronato o ácido zoledrónico), calcitonina, terapia hormonal sustitutiva, ranelato de estroncio, hormona paratiroidea o raloxifeno.

A excepción del T-score en cadera total que obtuvo un promedio de disminución de -0.21 ($p < .001$), los valores de densidad ósea para la zona lumbar (L1-L4) y la masa mineral del cuello femoral se mantuvieron estables. Estos datos se correlacionan con los resultados obtenidos en el estudio realizado por Kemmler et al¹⁴⁸ en 2005 donde un programa de ejercicio físico durante 38 semanas mejoró la composición corporal, el perfil lipídico, los síntomas de la menopausia pero estabilizó los valores de la densidad de masa ósea en el grupo estudiado. Es decir, 3 años de ejercicio físico mantuvo estables los valores, de manera que el tiempo de trabajo influye en los posibles cambios de la DMO siendo necesario al menos un año de ejercicio para poder prevenir un 1 % la pérdida de densidad ósea¹⁴⁹. Por lo que es posible que el tiempo estimado en este estudio fue insuficiente para poder observar modificaciones en estos parámetros. Otro factor añadido que avala los resultados es que la pérdida de peso corporal registrada la cual es inducida por el ejercicio reporta efectos negativos sobre el hueso^{150,151}.

En el análisis de los parámetros óseos también se analizó el riesgo de fractura de cuello femoral y columna vertebral lumbar. Se calculó el riesgo de fractura a 10 años para el cuello femoral y fractura mayor mediante FRAX pre-DEXA por su facilidad a la hora de estimar umbrales de decisión diagnóstica. Esto requiere conocer el IMC y los factores de riesgo que se extraen de la historia clínica y de la anamnesis.

Se es consciente de que cuando se dispone tanto del IMC como de la DMO, el valor densitométrico es la variable que mejor determina el riesgo de fractura, según

Kanis et al¹⁵² en 2013. Sin embargo la información procesada para este estudio está centrada en conocer al FRAX ® como una herramienta de cribado rápido para la toma de decisiones sobre a quién hay que realizar la determinación de la DXA y a quién no. Esta probabilidad de fractura en las mujeres después de realizar 12 meses de ejercicio físico fue idéntica en el pre y pos test. Este hecho se debe a que los niveles de IMC están establecidos por rangos de 5 kg/m² y en este estudio no se registró una disminución lo suficientemente alta como para cambiar de rango. Las mujeres se mantuvieron en el rango 25-30 Kg/m².

Una vez obtenido la probabilidad de fractura se analizaron los umbrales de evaluación e intervención utilizando los umbrales propuestos por la NOGG⁶¹. Aranda et al¹⁵³ en 2008 y Del Río et al¹⁵⁴ en 2011 consideraron que la aplicación clínica de estas guías en España no era satisfactoria dado que el resultado que se obtiene en la versión española del FRAX es muy inferior al que le corresponde¹⁵⁵. No obstante, el estudio de Azagra et al³⁵ en 2015 valoró la capacidad de la herramienta FRAX® para detectar osteoporosis densitométrica utilizando los umbrales propuestos por la NOGG y la Guía Europea y presentó una sensibilidad superior al 70 % (límite aceptado para considerar una prueba diagnóstica útil en la práctica clínica). Debido a ello, se han analizado los resultados del FRAX ® según la NOGG y también se han comparado con los umbrales propuestos por Azagra et al¹⁵⁶ para la población femenina española.

Al realizar el análisis de los umbrales de evaluación y intervención, sólo 4 sujetos del grupo estudiado requerirían una DXA para reclasificarlos de nuevo como de alto o bajo riesgo, las 14 restantes sólo requerirían consejos de vida saludable. Estos resultados son similares a los que se obtendría si se aplicasen los umbrales de FRAX basal para fractura osteoporótica en la población española según el estudio realizado por Azagra et al¹⁵⁶ en 2015.

Respecto a la valoración de los factores cardiovasculares, el sobrepeso/obesidad es uno de los factores de riesgo cardiovascular¹⁵⁷⁻¹⁵⁹ siendo la adiposidad

abdominal uno de sus mejores predictores¹⁶⁰. La valoración del peso corporal, la composición corporal y la circunferencia de la cintura fueron los parámetros estudiados con tal fin.

En el estudio se registró una disminución significativa del peso ($P < ,001$). El IMC prevalente se situó en sobrepeso (IMC de 25-29,9 Kg/m²) observándose una disminución de 0,21 Kg/m² entre el pre y pos test. Este cambio no fue suficiente para producir un cambio en el nivel de sobrepeso según los criterios establecidos por la OMS¹²⁴. En 2002, el estudio de Daza¹⁶¹ afirmaron que las tasas de mortalidad empiezan a elevarse significativamente con IMC superiores de 27 a causa del aumento de complicaciones metabólicas. Según la OMS en 2014, el 39 % de los adultos de 18 o más años (un 38 % de los hombres y un 40 % de las mujeres) tenían sobrepeso, lo que se corresponde con la muestra del estudio.

Seguidamente se midió la circunferencia de la cintura abdominal para la valorar el aumento o descenso de la grasa abdominal.^{124,161}. Aunque otros estudios afirman que la circunferencia de la cintura abdominal y la de cadera no pueden diferenciar entre el tejido magro y graso¹⁶², estas medidas se consideran sustitutos válidos de volumen de tejido adiposo visceral y del almacenamiento de grasa periférica aumentando el riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV)¹⁶¹⁻¹⁶³. La media de cintura abdominal al inicio del programa correspondió a $99,66 \pm 8,73$ cm y el promedio de diferencia respecto al pos test fue una disminución significativa de 2,67 cm ($P < ,001$).

Los resultados coinciden con múltiples estudios donde el realizar ejercicio físico disminuye la circunferencia abdominal, el peso y la grasa corporal independiente del género y sin restricción calórica^{164,164-168}.

Respecto al perfil lipídico, la intervención no tuvo efectos estadísticamente significativos en niveles de triglicéridos ni de colesterol total; HDL, LDL Y VLDL. Hay que decir que en ningún momento los sujetos del estudio se sometieron a control dietético, lo que explica el motivo de la débil alteración en los lípidos plasmáticos y lipoproteínas acorde con Janssen et al¹⁶⁹ en 2002. No obstante sí se observó una leve tendencia a la mejora, traduciéndose en una disminución de los niveles circulantes de triglicéridos, LDL y colesterol y en un aumento del HDL. Esta tendencia es similar al estudio de Puglisi et al¹⁷⁰ en 2008 y al estudio de Ashen y Blumenthal¹⁷¹ en 2005 y al de Caro et al¹⁶³ en 2013, donde las personas sedentarias que realizaron ejercicio aeróbico controlado incrementaron el nivel de HDL.

Se consideró de interés analizar el valor de la proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us) dado que es un marcador de inflamación el cual se ha demostrado que esta directamente relacionado con el riesgo de sufrir un evento cardíaco¹⁷²⁻¹⁷⁶ y hasta la fecha, el impacto del ejercicio físico sobre los marcadores inflamatorios ha sido subestimado¹⁷⁵. Para profundizar esta teoría se evaluaron los niveles de PCR antes y después de realizar el programa de ejercicio físico. En el pre test se registraron unos niveles medios de PCR de $4,28 \pm 4,00$ mg/L. Según la *American Heart Association (AHA)* y los *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)*¹⁷⁶, las mujeres del estudio antes de realizar el programa se situaban en un nivel de riesgo alto de padecer enfermedad cardiovascular¹⁷⁷. En concreto entre 1,5 y 4 veces mas riesgo de infarto agudo de miocardio que una persona con los niveles más bajos¹⁷⁶. Después de 12 meses de ejercicio físico, se volvieron a analizar los valores de PCR en suero y se obtuvo un valor medio de $2,54 \pm 2,02$ mg/L. Las mujeres habían bajado de nivel, situándose en riesgo medio. Los resultados obtenidos confirman la existencia de una asociación inversa entre la actividad física y la PCR acorde con diversos estudios¹⁷⁸⁻¹⁸⁰. De la misma manera, la reducción de peso registrada en el estudio confirma una asociación directa entre la PCR y la disminución de peso corporal, la cual coincide con el estudio de Esposito et al¹⁸¹ en 2003 y el de Kasapis y Thompo-

son en 2005¹⁸². No obstante la actividad física tiene que ser continua para mantener su efecto sobre la PCR dado que en 2001 el estudio realizado por Wannamethee et al¹⁸⁰ observaron que los sujetos inactivos que se convirtieron en activos tenían valores de PCR parecidos a los sujetos que habían llevado una vida activa.

También se ha tomado conciencia de la insuficiencia renal dado que en los últimos años se considera un factor pronóstico de las enfermedades cardiovasculares¹⁸³. Se analizó la tasa de filtrado glomerular (FG) y el valor de la creatinina como evaluación de la función renal¹⁸⁴. El valor promedio para la tasa de FG entre el pre y post test aumentó en un 4,83 ml/min/1,73 m² (P<,001), resultando un valor medio en el pos test de 82,00 ± 7,95. La disminución del FG indica insuficiencia. En 2002 según las directrices de la *National Kidney Foundation*¹⁸⁵ que define la situación de "disfunción renal" para valores inferiores a (60 mL/min/1.73 m²), los sujetos del estudio no alcanzaron este valor manteniéndose en un valor normal en personas mayores.

Al igual que la tasa de FG, los sujetos presentaron un valor promedio de disminución de 0'5 mg/dL manteniéndose estables en el mismo nivel que el pre test. Los valores medios normales en suero se sitúan en 0.6 a 1.1 mg/dL¹⁸⁶. Esta falta de variación era esperada dado que la captación de la creatinina muestra gran efectividad durante las 24 horas tras el ejercicio pero disminuye a medida que pasan las 24 horas¹⁸⁷ y en el estudio la muestra sanguínea post test se realizó pasadas las 24 horas desde la última sesión. Sin embargo, aunque los resultados sean estadísticamente significativos para el FG y la creatinina, no se consideran clínicamente significativos dado que se mantienen en niveles establecidos como normales.

Respecto a los parámetros hidrocarbonados, numerosos estudios confirman que el ejercicio físico es una intervención que puede aumentar la acción de la insulina, prevenir la aparición de la diabetes¹⁸⁸ y la acumulación de lípidos^{169,189} dado que a medida que avanza la edad, la resistencia a la insulina aumenta y disminuye la capacidad oxidativa del músculo¹⁹⁰. Se analizaron los niveles de insulina y glu-

cosa sérica después de los 12 meses de ejercicio con banda elástica y no presentaron ningún cambio significativo. No obstante si se registró un leve aumento de los niveles glucosa con un promedio de 0,45 mg/dL y el nivel de insulina disminuyó un promedio de 0,23 ($\mu\text{UI}/\text{mL}$). Los resultados de esta prueba no fueron significativos en contra de los resultados de Borghout y Keizer¹⁹¹ en 2002 o de Colberg et al¹⁹² en 2010. Esto es debido a que el número de muestra es inferior a los de estudios de este tipo.

La cuantificación simultánea de glucosa en plasma y de las concentraciones de insulina permitieron calcular la sensibilidad a la insulina de manera individual aplicando el modelo homeostático o Índice HOMA (Homoeostasis Model Assessment). La prevalencia de insulinoresistencia en las mujeres estudiadas fue baja¹⁹³ en ningún momento superó el HOMA 1.15. Se encontró una ligera disminución de los niveles de HOMA-IR. Esta disminución puede ser debida a la edad como predictor de resistencia a la insulina¹⁹⁴ o bien debido a la pérdida de peso corporal registrada¹⁹⁵. Estos resultados refuerzan la teoría de que el cambio en el estilo de vida incorporando actividad física y la ingesta de energía equilibrada conduce a la reducción sostenida del peso corporal y consecuentemente normalizar la sensibilidad a la insulina, acorde con Vogeser et al¹⁹⁶ en 2007, Rodríguez et al¹⁹⁷ en 2009 o Gayoso et al¹⁹³ en 2011 y consecuentemente, el riesgo de enfermedad cardiovascular^{198,199}. La evaluación de la HOMA-IR puede ayudar a individualizar las intervenciones de estilo de vida en la obesidad y objetivar las mejoras en la sensibilidad a la insulina después de los cambios de estilo de vida terapéuticos.

La falta de variaciones significativas en los niveles de TSH era igualmente esperada. Los resultados presentaron un promedio de disminución de 0,14 ($\mu\text{UI}/\text{mL}$). En 2005, los estudios de Kraemer et al²⁰⁰ y Ciloglu et al²⁰¹ afirmaron que para producir cambios destacables en los valores hormonales, el ejercicio había de ser muy intenso, situándose en el umbral máximo aeróbico. El programa establecido en este estudio tenía una intensidad moderada, la escasa respuesta de la hormona

estimulante de la tiroides era esperada acorde con el estudio de Raastad et al²⁰².

Tras la realización de la búsqueda bibliográfica, se encontró relativamente pocos estudios que validan las medidas antropométricas en personas mayores y con obesidad dado que los cambios relacionados con la edad en los depósitos de grasa y pérdida de elasticidad de la piel contribuyen a errores de estimación²⁰³. No obstante se realizó la toma de medidas antropométricas respetando las directrices de la ISAK¹²⁴ de 2009 para conocer qué efectos producía el ejercicio en los contornos corporales. Se obtuvo una leve disminución en ambos brazos y antebrazos al igual que en ambos muslos y piernas junto con la circunferencia abdominal y el peso, acorde con el estudio de Araya et al²⁰⁴ en 2012. Hay que tener en cuenta la disminución que se observó en brazo dcho. ($P < ,001$), izdo. ($P < ,001$) y pierna dcha. ($P = ,018$) dado que estos perímetros han sido utilizados clásicamente en la valoración de malnutrición calórica, proteica o mixta; con puntos de corte de < 21 cm para el brazo y < 31 cm para la pierna según en los criterios antropométricos del Mini Nutritional Assessment (MNA ®)²⁰⁵. La disminución de estos perímetros en ningún caso llegó a estos niveles. De manera que se puede orientar el criterio de que la disminución de los perímetros en las mujeres de este estudio ha sido el resultado de la pérdida de peso registrada, mostrando un perfil antropométrico más saludable para prevenir o disminuir la incidencia de las enfermedades asociadas a altos índices de tejido adiposo.

Por último, el hecho de utilizar modelos de estadística avanzados como la arquitectura de los mapas auto-organizados o SOM (Self-Organizing Maps) ha sido útil para gestionar el gran número de variables de entrada que se disponía. Ha permitido organizar la información clasificándola automáticamente y permitiendo visualizar relaciones importantes entre los datos de manera fácil e intuitiva. Es decir han facilitado que el conocimiento tácito se haga explícito a partir de una imagen visual. Debido a ello, estos modelos de redes neuronales se están extendiendo a infinidad de aplicaciones, una de ellas el ámbito de la salud^{132,206}.

4.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y PROYECCIONES FUTURAS

La principal limitación de este estudio fue la falta de adhesión al programa de ejercicios, llegando a ser del 50 % y consecuentemente la disminución del tamaño de la muestra al finalizar. Esto fue debido a que los sujetos tenían que asistir 3 veces por semana y les resultaba incompatible con su vida personal.

Otra limitación fue la falta de financiación del proyecto ya que el material empleado se costeó por medios propios y no se pudo incentivar a las mujeres de ningún modo para motivarlas y que asistieran a las sesiones.

Su estructura básica podría extenderse a un mayor número de mujeres y de otras regiones de la Unión Europea y se podría combinar con estrategias basadas en el uso de las redes sociales para dar apoyo y motivación como se hacía con los grupos de apoyo tradicionales de manera que, se estaría ofreciendo un programa de ejercicio físico con material económico el cual previene los efectos que van apareciendo con el envejecimiento.

CAPÍTULO: Conclusiones

5. Conclusiones

1. La intensidad del dolor osteoarticular según la escala de clasificación numérica disminuye considerablemente en mujeres con osteoporosis al realizar ejercicio físico con resistencia, registrando una media de descenso de 2,61 puntos.
2. El ejercicio físico resistido aumenta la estabilidad corporal y consecuentemente la disminución del riesgo de caídas en mujeres mayores de 65 años.
3. El ejercicio físico controlado en mujeres mayores de 65 años durante 12 meses favorece un perfil lipídico saludable en base a los niveles de colesterol, triglicéridos y en los parámetros hidrocarbonados.
4. El ejercicio físico controlado con banda elástica reduce los niveles de PCR y el perímetro de cintura en mujeres mayores de 65 años, siendo estos marcadores de riesgo en la enfermedad cardiovascular.
5. Un programa de 12 meses de ejercicio físico controlado con bandas elásticas evita la pérdida de densidad mineral ósea en la columna vertebral lumbar.
6. La herramienta FRAX pre-DEXA ha demostrado ser útil en la práctica clínica como primer cribado en la evaluación de la DMO. El análisis realizado según los umbrales de las guías NOGG para la herramienta FRAX de acuerdo con el IMC determinaría la realización de densitometría sólo a 22 % de la muestra.
7. El ejercicio físico controlado favorece un perfil antropométrico saludable previniendo o disminuyendo la incidencia de enfermedades asociadas a la obesidad.

BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

Bibliografía

- [1] United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2013); World Population Ageing 2013. ST/ESA/SER.A/348.
- [2] Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116(9):1094.
- [3] Weinert BT, Timiras PS. Invited review: theories of aging. *Journal of Applied Physiology*. 2003;95(4):1706–1716.
- [4] Lakatta EG, Levy D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises part I: aging arteries: a “set up” for vascular disease. *Circulation*. 2003;107(1):139–146.
- [5] Ostchega Y, Harris TB, Hirsch R, Parsons VL, Kington R. The prevalence of functional limitations and disability in older persons in the US: data from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2000;48(9):1132–1135.
- [6] Paterson D, Stathokostas L. Physical activity, fitness, and gender in relation to morbidity, survival, quality of life, and independence in older age. *Gender, Physical Activity, and Aging*. Boca Raton (FL): CRC Press; 2002.
- [7] Dennerstein L, Dudley EC, Hopper JL, Guthrie JR, Burger HG. A prospective population-based study of menopausal symptoms. *Obstetrics & Gynecology*. 2000;96(3):351–358.

- [8] Blain H, Vuillemin A, Blain A, Jeandel C. The preventive effects of physical activity in the elderly. *Presse medicale* (Paris, France: 1983). 2000;29(22):1240–1248. French.
- [9] Vogel T, Brechat P, Lepretre P, Kaltenbach G, Berthel M, Lonsdorfer J. Health benefits of physical activity in older patients: a review. *International journal of clinical practice*. 2009;63(2):303–320.
- [10] Blair SN, Connelly JC. How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Research quarterly for exercise and sport*. 1996;67(2):193–205.
- [11] Palmer AL, Sesé A, Montano JJ. Tourism and statistics: Bibliometric study 1998–2002. *Annals of Tourism Research*. 2005;32(1):167–178.
- [12] Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*. 1985;100(2):126.
- [13] Vinuesa J. Análisis del envejecimiento demográfico. *Encuentros Multidisciplinares*. 2004;(16):30–37.
- [14] United Nations Department of Economic and Social Affairs. Population Division (2002). *World population ageing, 1950-2050; ST/ESA/SER.A/207*.
- [15] Informe 2012. Las Personas Mayores en España. Datos Estadísticos Estatales y por Comunidades Autónomas. Disponible en <http://www.imserso.es/InterPresent1/groups/imserso/documents/binario/infoppmm2012.pdf>; [Última consulta 22 Enero 2016].
- [16] León París C. Influencia del sexo en la práctica deportiva. *Biología de la mujer deportista* [Influence of gender in sports. *Biology of female athletes*]. *Arbor*. 2000;165(650):249–263. Spanish.

- [17] World Health Organization. Women and health: today's evidence tomorrow's agenda. World Health Organization; 2009.
- [18] Nelson HD. Menopause. *Lancet*. 2008;371(9614):760–70.
- [19] Bord S, Horner A, Beavan S, Compston J. Estrogen Receptors α and β Are Differentially Expressed in Developing Human Bone 1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2001;86(5):2309–2314.
- [20] Ettinger B, Pressman A, Sklarin P, Bauer DC, Cauley JA, Cummings SR. Associations between Low Levels of Serum Estradiol, Bone Density, and Fractures among Elderly Women: The Study of Osteoporotic Fractures 1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 1998;83(7):2239–2243.
- [21] Khosla S, Melton III LJ, Atkinson EJ, O'fallon W, Klee GG, Riggs BL. Relationship of serum sex steroid levels and bone turnover markers with bone mineral density in men and women: a key role for bioavailable estrogen 1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 1998;83(7):2266–2274.
- [22] Medrano MJ, Cerrato E, Boix R, Delgado-Rodríguez M. Factores de riesgo cardiovascular en la población española: metaanálisis de estudios transversales [Cardiovascular risk factors in Spanish population: metaanalysis of cross-sectional studies]. *Medicina clínica*. 2005;124(16):606–612. Spanish.
- [23] Cohen Jr MM. The new bone biology: pathologic, molecular, and clinical correlates. *American journal of medical genetics Part A*. 2006;140(23):2646–2706.
- [24] Clarke B. Normal bone anatomy and physiology. *Clinical journal of the American Society of Nephrology*. 2008;3(Supplement 3):S131–S139.
- [25] Seeman E, Delmas PD. Bone quality—the material and structural basis of bone strength and fragility. *New England Journal of Medicine*. 2006;354(21):2250–2261.

- [26] Moro L, Romanello M, Favia A, Lamanna M, Lozupone E. Posttranslational modifications of bone collagen type I are related to the function of rat femoral regions. *Calcified tissue international*. 2000;66(2):151–156.
- [27] Yamaguchi A, Komori T, Suda T. Regulation of osteoblast differentiation mediated by bone morphogenetic proteins, hedgehogs, and Cbfa1. *Endocrine reviews*. 2000;21(4):393–411.
- [28] Tate MLK, Adamson JR, Tami AE, Bauer TW. The osteocyte. *The international journal of biochemistry & cell biology*. 2004;36(1):1–8.
- [29] Noble BS, Reeve J. Osteocyte function, osteocyte death and bone fracture resistance. *Molecular and cellular endocrinology*. 2000;159(1):7–13.
- [30] Henriksen K, Neutzsky-Wulff AV, Bonewald LF, Karsdal MA. Local communication on and within bone controls bone remodeling. *Bone*. 2009;44(6):1026–1033.
- [31] Manolagas SC. Birth and death of bone cells: basic regulatory mechanisms and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis 1. *Endocrine reviews*. 2000;21(2):115–137.
- [32] Raisz LG. Pathogenesis of osteoporosis: concepts, conflicts, and prospects. *The Journal of clinical investigation*. 2005;115(12):3318–3325.
- [33] Cooper SA, Cooper BB. *A Treatise on Dislocations, and on Fractures of the Joints*. Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown; 1822.
- [34] Schapira D, Schapira C. Osteoporosis: the evolution of a scientific term. *Osteoporosis International*. 1992;2(4):164–167.
- [35] Azagra Ledesma R, Prieto-Alhambra D, Encabo Duró G, Casado Burgos E, Aguyé Batista A, Díez-Pérez A. Utilidad de la herramienta FRAX en el tratamiento de la osteoporosis en población femenina española [Usefulness of

- FRAX tool for the management of osteoporosis in the Spanish female population]. *Medicina clínica*. 2011;136(14):613–619. Spanish.
- [36] Rachner TD, Khosla S, Hofbauer LC. Osteoporosis: now and the future. *The Lancet*. 2011;377(9773):1276–1287.
- [37] González LA, Vásquez GM, Molina JF. Epidemiology of osteoporosis. *Revista Colombiana de Reumatología*. 2009;16(1):61–75.
- [38] Mendoza Hd. Clasificación de la osteoporosis. Factores de riesgo. Clínica y diagnóstico diferencial [Classification of osteoporosis. Risk factors. Clinical manifestations and differential diagnosis]. *An Sist Sanit Navar*. 2003;26 (3). Spanish.
- [39] Carranza-Lira S, Rosas M, Murillo A, Martínez N, Santos J. Osteoporosis in postmenopausal women (Mexico City): 1. Risk factors. *International journal of fertility and women's medicine*. 2001;47(1):22–25.
- [40] Serie de Informes Técnicos de la OMS. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Organización Mundial de la Salud; Ginebra 2003.
- [41] Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, et al. Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arch Osteoporos*;8(1-2):136-1862-3514.
- [42] Strom O, Borgstrom F, Kanis JA, Compston J, Cooper C, McCloskey EV, et al. Osteoporosis: burden, health care provision and opportunities in the EU: a report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arch Osteoporos*. 2011;6(1-2):59–155.

- [43] Darba J, Restovic G, Kaskens L, Balbona MA, Carbonell A, Cavero P, et al. Patient preferences for osteoporosis in Spain: a discrete choice experiment. *Osteoporos Int.* 2011;22(6):1947–54.
- [44] Howe TE, Shea B, Dawson LJ, Downie F, Murray A, Ross C, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(7).
- [45] Naves M, Diaz-Lopez JB, Gomez C, Rodriguez-Rebollar A, Cannata-Andia JB. Determinants of incidence of osteoporotic fractures in the female Spanish population older than 50. *Osteoporos Int.* 2005;16(12):2013–7.
- [46] Díaz Curiel M, García J, Carrasco J, Honorato J, Pérez Cano R, Rapado A, et al. Prevalencia de osteoporosis determinada por densitometría en la población femenina española [Prevalence of osteoporosis assessed by densitometry in the Spanish female population]. *Medicina clínica.* 2001;116(3):86–88. Spanish.
- [47] Couto Núñez D, Nápoles Méndez D, Deulofeu Betancourt I. Osteoporosis posmenopausia según densitometría ósea. *Medisan.* 2011;15(12):1765–1774.
- [48] Unnanuntana A, Gladnick BP, Donnelly E, Lane JM. The assessment of fracture risk. *The Journal of Bone & Joint Surgery.* 2010;92(3):743–753.
- [49] Leib ES, Lewiecki EM, Binkley N, Hamdy RC. Official positions of the international society for clinical densitometry. *Journal of Clinical Densitometry.* 2004;7(1):1–5.
- [50] Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Oden A, Melton LJ, Khaltsev N. A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone.* 2008;42(3):467–475.
- [51] Lewiecki EM, Gordon CM, Baim S, Leonard MB, Bishop NJ, Bianchi ML, et al. International Society for Clinical Densitometry 2007 adult and pediatric official positions. *Bone.* 2008;43(6):1115–1121.

- [52] Baim S, Binkley N, Bilezikian JP, Kendler DL, Hans DB, Lewiecki EM, et al. Official positions of the International Society for Clinical Densitometry and executive summary of the 2007 ISCD Position Development Conference. *Journal of Clinical Densitometry*. 2008;11(1):75–91.
- [53] Zárate A, Hernández M, Morán C, ángeles L. El enfoque moderno de la osteoporosis. *Rev Fac Med UNAM*. 2003;46(2):49–51.
- [54] Kanis J, Burlet N, Cooper C, Delmas P, Reginster JY, Borgstrom F, et al. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis international*. 2008;19(4):399–428.
- [55] Richy F, Gourlay M, Ross P, Sen S, Radican L, De Ceulaer F, et al. Validation and comparative evaluation of the osteoporosis self-assessment tool (OST) in a Caucasian population from Belgium. *Qjm*. 2004;97(1):39–46.
- [56] Cadarette SM, Jaglal SB, Kreiger N, McIsaac WJ, Darlington GA, Tu JV. Development and validation of the Osteoporosis Risk Assessment Instrument to facilitate selection of women for bone densitometry. *Canadian Medical Association Journal*. 2000;162(9):1289–1294.
- [57] Sedrine WB, Chevallier T, Zegels B, Kvasz A, Micheletti M, Gelas B, et al. Development and assessment of the Osteoporosis Index of Risk (OSIRIS) to facilitate selection of women for bone densitometry. *Gynecological endocrinology*. 2002;16(3):245–250.
- [58] Lydick E, Cook K, Turpin J, Melton M, Stine R, Byrnes C. Development and validation of a simple questionnaire to facilitate identification of women likely to have low bone density. *The American journal of managed care*. 1998;4(1):37–48.

- [59] Kanis J, Johnell O, Odén A, Johansson H, McCloskey E. FRAX™ and the assessment of fracture probability in men and women from the UK. *Osteoporosis International*. 2008;19(4):385–397.
- [60] Organización Mundial de la Salud (OMS). FRAX Herramienta de Evaluación de Riesgo de Fractura. [Internet]. Sheffield: University of Sheffield; [cited 2015 Sep 24].
- [61] Kanis J, McCloskey E, Johansson H, Strom O, Borgstrom F, Odén A. Case finding for the management of osteoporosis with FRAX®—assessment and intervention thresholds for the UK. *Osteoporosis international*. 2008;19(10):1395–1408.
- [62] Macías JG, Gay NG, Alonso CG, del Río Barquero L, Torres MM, Delgado M, et al. Guías de práctica clínica en la osteoporosis posmenopáusica, glucocorticoidea y del varón. Sociedad Española de Investigación Ósea y del Metabolismo Mineral. *Revista Clínica Española*. 2008;208:1–24.
- [63] Kleerekoper M. Osteoporosis prevention and therapy: preserving and building strength through bone quality. *Osteoporosis international*. 2006;17(12):1707–1715.
- [64] Zárata A, Saucedo R, Basurto L. Recomendaciones para el manejo de la osteoporosis. *Gaceta médica de México*. 2004;140(2):235–240.
- [65] Black DM, Cummings SR, Karpf DB, Cauley JA, Thompson DE, Nevitt MC, et al. Randomised trial of effect of alendronate on risk of fracture in women with existing vertebral fractures. *The Lancet*. 1996;348(9041):1535–1541.
- [66] Hollick RJ, Reid DM. Role of bisphosphonates in the management of postmenopausal osteoporosis: an update on recent safety anxieties. *Menopause international*. 2011;17(2):66–72.

- [67] Ruggiero SL. Guidelines for the diagnosis of bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw (BRONJ). *Clinical cases in mineral and bone metabolism*. 2007;4(1):37.
- [68] Marcus R, Wong M, Heath III H, Stock JL. Antiresorptive treatment of postmenopausal osteoporosis: comparison of study designs and outcomes in large clinical trials with fracture as an endpoint. *Endocrine reviews*. 2002;23(1):16–37.
- [69] Delmas PD. Treatment of postmenopausal osteoporosis. *The Lancet*. 2002;359(9322):2018–2026.
- [70] Cauley JA, Robbins J, Chen Z, Cummings SR, Jackson RD, LaCroix AZ, et al. Effects of estrogen plus progestin on risk of fracture and bone mineral density: the Women’s Health Initiative randomized trial. *JAMA*. 2003;290(13):1729–38.
- [71] Sprague BL, Trentham-Dietz A, Cronin KA. A sustained decline in postmenopausal hormone use: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2010. *Obstet Gynecol*. 2012;120(3):595–603.
- [72] Rossouw JE, Anderson GL, Prentice RL, LaCroix AZ, Kooperberg C, Stefanick ML, et al. Risks and benefits of estrogen plus progestin in healthy postmenopausal women: principal results From the Women’s Health Initiative randomized controlled trial. *Jama*. 2002;288(3):321–33.
- [73] Stepan J, Alenfeld F, Boivin G, Feyen J, Lakatos P. Mechanisms of action of antiresorptive therapies of postmenopausal osteoporosis. *Endocrine regulations*. 2003;37(4):225–238.
- [74] Weinstein RS, Parfitt AM, Marcus R, Greenwald M, Crans G, Muchmore DB. Effects of raloxifene, hormone replacement therapy, and placebo on bone turnover in postmenopausal women. *Osteoporosis international*. 2003;14(10):814–822.

- [75] Prestwood KM, Gunness M, Muchmore DB, Lu Y, Wong M, Raisz LG. A Comparison of the Effects of Raloxifene and Estrogen on Bone in Postmenopausal Women 1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2000;85(6):2197–2202.
- [76] Cummings SR, Eckert S, Krueger KA, Grady D, Powles TJ, Cauley JA, et al. The effect of raloxifene on risk of breast cancer in postmenopausal women: results from the more randomized trial. *Jama*. 1999;281(23):2189–2197.
- [77] Jiang Y, Zhao JJ, Mitlak BH, Wang O, Genant HK, Eriksen EF. Recombinant human parathyroid hormone (1–34)[teriparatide] improves both cortical and cancellous bone structure. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2003;18(11):1932–1941.
- [78] Boonen S, Marin F, Obermayer-Pietsch B, Simoes ME, Barker C, Glass EV, et al. Effects of previous antiresorptive therapy on the bone mineral density response to two years of teriparatide treatment in postmenopausal women with osteoporosis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2008;93(3):852–860.
- [79] Jackson RD, Mysiw WJ. Insights into the Epidemiology of Postmenopausal Osteoporosis: The Women’s Health Initiative. *Semin Reprod Med*. 2014;32(6):454–62.
- [80] Quesada Gómez J, Sosa Henríquez M. Nutrición y osteoporosis. Calcio y vitamina D. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*. 2011;3(4):165–182.
- [81] Tang BM, Eslick GD, Nowson C, Smith C, Bensoussan A. Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta analysis. *The Lancet*. 2007;370(9588):657–666.

- [82] Robertson MC, Campbell AJ, Gardner MM, Devlin N. Preventing injuries in older people by preventing falls: A meta analysis of individual level data. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50(5):905–911.
- [83] Hunter DJ, Reddy KS. Noncommunicable diseases. *New England Journal of Medicine*. 2013;369(14):1336–1343.
- [84] McArdle WD, Katch F, Katch VL. *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. 2ª Edición; 2004.
- [85] Castillo-Garzón MJ, Ruiz JR, Ortega FB, Gutiérrez A. Anti-aging therapy through fitness enhancement. *Clinical interventions in aging*. 2006;1(3):213.
- [86] Sánchez-García S, García-Peña C, Duque-López MX, Juárez-Cedillo T, Cortés-Núñez AR, Reyes-Beaman S. Anthropometric measures and nutritional status in a healthy elderly population. *BMC public health*. 2007;7(1):2.
- [87] Siegrist M. Role of physical activity in the prevention of osteoporosis. *Medizinische Monatsschrift für Pharmazeuten*. 2008;31(7):259–264.
- [88] Bruce B, Fries JF, Lubek DP. Aerobic exercise and its impact on musculoskeletal pain in older adults: a 14 year prospective, longitudinal study. *Arthritis research & therapy*. 2005;7(6):R1263.
- [89] Kamel HK. Sarcopenia and aging. *Nutrition reviews*. 2003;61(5):157–167.
- [90] Biddle SJ, Fox K, Boutcher S. *Physical activity and psychological well-being*. Routledge; 2003.
- [91] Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009;41(7):1510–1530.

- [92] Dionigi R. Resistance training and older adults' beliefs about psychological benefits: the importance of self-efficacy and social interaction. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2007;29(6):723.
- [93] Franco OH, de Laet C, Peeters A, Jonker J, Mackenbach J, Nusselder W. Effects of physical activity on life expectancy with cardiovascular disease. *Archives of internal medicine*. 2005;165(20):2355–2360.
- [94] Thompson PD, Buchner D, Piña IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH, et al. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*. 2003;107(24):3109–3116.
- [95] American College of Sports Medicine. Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio. Editorial Paidotribo; 2007.
- [96] Netz Y, Wu MJ, Becker BJ, Tenenbaum G. Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychology and aging*. 2005;20(2):272.
- [97] Castillo Fernández I ÁSO Molina García J. Resultados de un programa de ejercicio físico acuático sobre el bienestar psicológico en mujeres sedentarias [Effects of a program of aquatic exercises on the psychological wellbeing of sedentary women]. *Salud i Ciencia*. Jul 2013;19(8):708–12. Spanish.
- [98] Molina-García J, Castillo I, Queralt A. Leisure-time physical activity and psychological well-being in university students 1. *Psychological reports*. 2011;109(2):453–460.
- [99] Bono EG, Núñez JM, Salvador A. Efectos de un programa de entrenamiento sobre el estado de ánimo y la ansiedad en mujeres sedentarias [Effects of trai-

- ning on mood and anxiety in sedentary women]. *Psicothema*. 1997;9(3):487–497. Spanish.
- [100] Carter ND, Kannus P, Khan K. Exercise in the prevention of falls in older people. *Sports Medicine*. 2001;31(6):427–438.
- [101] Sturnieks D, St George R, Lord S. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2008;38(6):467–478.
- [102] Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PM, Blair VA. Exercise for improving balance in older people. *The Cochrane Library*. 2007;.
- [103] Wayne PM, Kiel DP, Buring JE, Connors EM, Bonato P, Yeh GY, et al. Impact of Tai Chi exercise on multiple fracture-related risk factors in post-menopausal osteopenic women: a pilot pragmatic, randomized trial. *BMC Complement Altern Med*. 2012;12:7.
- [104] Chicharro JL, Mulas AL. *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Ediciones pedagógicas; 1996.
- [105] Chicharro JL, Mojares LML. *Fisiología clínica del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana; 2008.
- [106] Jurado JA. La actividad física orientada a la promoción de la salud. EA, *Escuela abierta: revista de Investigación Educativa*. 2004;(7):73–96.
- [107] Martínez AC. *Fisiología deportiva*. Madrid: Síntesis; 2013.
- [108] Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*. 2003;35(3):456–464.
- [109] Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*. 2004;36(4):674–688.

- [110] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc.* 1982;14(5):377–381.
- [111] Morales JMM. La percepción subjetiva del esfuerzo como parte de la evaluación de la intensidad del entrenamiento. *Lecturas: Educación física y deportes.* 2004;(73):9.
- [112] Corsino EL. Prescripción de ejercicio-delineamientos más recientes: American College of Sports Medicine (ACSM). [Publisher unknown]; 2014.
- [113] Balady GJ, Franklin BA, Whaley MH, Howley ET. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
- [114] Thera Band ®. *Bandas y ligas de Resistencia. manual de instrucciones.* Thera-Band ®; 2006 [cited 2015 Dec 15]. Available from: [//www.thera-bandacademy.com/resource/x-showResource.aspx?ID=3300](http://www.thera-bandacademy.com/resource/x-showResource.aspx?ID=3300).
- [115] Colado JC, Triplett NT. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2008;22(5):1441–1448.
- [116] Melchiorri G, Rainoldi A. Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines. *Journal of electromyography and kinesiology.* 2011;21(6):954–959.
- [117] Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research Conditioning Research.* 2006;20(2):252–256.
- [118] Colado JC, Garcia-Masso X, Triplett TN, Flandez J, Borreani S, Tella V. Concurrent validation of the omni-resistance exercise scale of perceived exertion with theraband resistance bands. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2012;26(11):3018–3024.

- [119] Colado J, Chulvi I. Criterios para la planificación y el desarrollo de programas de acondicionamiento muscular en el ámbito de la salud. Madrid, editor. Editorial Médica Panamericana; 2008.
- [120] Kraemer WJ, Keuning M, Ratamess NA, Volek JS, McCormick M, Bush JA, et al. Resistance training combined with bench-step aerobics enhances women's health profile. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001;33(2):259–269.
- [121] Godin G, Jobin J, Desharnais R, Cook J. The impact of physical fitness and health-age appraisal upon exercise intentions and behavior. *Journal of behavioral medicine*. 1987;10(3):241–250.
- [122] Dishman RK. The measurement conundrum in exercise adherence research. Lippincott Williams & Wilkins; 1994.
- [123] Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). *Arthritis care & research*. 2011;63(S11):S240–S252.
- [124] Armesilla MDC, Ros FE. Compendio de cineantropometria. CTO Editorial; 2009.
- [125] Okubo J, Watanabe I, Takeya T, Baron J. Influence of foot position and visual field condition in the examination for equilibrium function and sway of the center of gravity in normal persons. *Agressologie: revue internationale de physio-biologie et de pharmacologie appliquées aux effets de l'agression*. 1979;20(2):127.

- [126] Ortuño-Cortés MA, Martín-Sanz E, Barona-de Guzmán R. Valor de las pruebas de control postural dinámico de la posturografía en ancianos con vestibulopatía [Value of dynamic postural control tests on elderly people with vestibulopathy]. *Acta Otorrinolaringológica Española*. 2009;60(3):149–154. Spanish.
- [127] Bustos-Mora R, de la Luz M. Control de la glucemia en diabéticos tipo 2. Utilidad de mediciones en ayuno y posprandiales. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2005;43(5):393–399.
- [128] Matthews D, Hosker J, Rudenski A, Naylor B, Treacher D, Turner R. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28(7):412–419.
- [129] Buscher A, Cumming C, Ratajczyk G. Fit con la Banda Elástica [Internet]. Recuperado a partir de: www.thera-band.com. Thera Band System of progressive exercise; [Consultado en Enero 2016].
- [130] Granell JC. Máster en recuperación funcional en la actividad física y deporte. Modulo III: El entrenamiento del ejercicio físico y el deporte.; Valencia: Alfa-Delta Digital; 2012.
- [131] Kohonen T. *Self-Organizing Maps*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2001.
- [132] Guerrero JDM, Marcelli D, Soria-Olivas E, Mari F, Martínez-Martínez JM, Bech IS, et al. Self-Organising Maps: A new way to screen the level of satisfaction of dialysis patients. *Expert systems with applications*. 2012;39(10):8793–8798.
- [133] Farrar JT, Young JP, LaMoreaux L, Werth JL, Poole RM. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain*. 2001;94(2):149–158.

- [134] Ylinen J, Takala EP, Nykänen M, Häkkinen A, Mälkiä E, Pohjolainen T, et al. Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: a randomized controlled trial. *Jama*. 2003;289(19):2509–2516.
- [135] Mäntyselkä PT, Kumpusalo EA, Ahonen RS, Takala JK. Direct and indirect costs of managing patients with musculoskeletal pain—challenge for health care. *European Journal of Pain*. 2002;6(2):141–148.
- [136] Broseta MJV, de Moya MFP, Corresa SP, Jaén JDG, i Pérez ES. Nuevo servicio de valoración biomecánica de los accidentados de tráfico. Caso clínico: diagnóstico de la simulación [New service for biomechanical assessment of traffic injured people. Clinic case: diagnosis of magnifiers]. *Revista de biomecánica*. 2010;(53):11–14. Spanish.
- [137] Camacho CI, Añó PS, Alakdar Y, Cebriá M, Bueno LL. Estudio comparativo del efecto de la actividad física en el equilibrio en personas mayores sanas [Comparative study of the effect of physical activity on the balance in healthy elderly people]. *Fisioterapia*. 2008;30(3):137–141. Spanish.
- [138] Lavedán SA, Jürschik GP, Botigué ST, Nuin OC, Viladrosa MM. [Prevalence and associated factors of falls in community-dwelling elderly]. *Atencion primaria/Sociedad Espanola de Medicina de Familia y Comunitaria*. 2014;47(6):367–375.
- [139] Girardi M, Konrad HR, Amin M, Hughes LF. Predicting fall risks in an elderly population: computer dynamic posturography versus electronystagmography test results. *The Laryngoscope*. 2001;111(9):1528–1532.
- [140] Zittermann A. Vitamin D in preventive medicine: are we ignoring the evidence? *British Journal of Nutrition*. 2003;89(05):552–572.
- [141] Marazuela M. Déficit de vitamina D en el adulto: clínica, diagnóstico y tratamiento. *Endocrinología y Nutrición*. 2005;52(5):215–223.

- [142] Holick MF; Elsevier. Vitamin D deficiency: what a pain it is. . 2003;78(12):1457–1459.
- [143] Pfeifer M, Begerow B, Minne H, Schlotthauer T, Pospeschill M, Scholz M, et al. Vitamin D status, trunk muscle strength, body sway, falls, and fractures among 237 postmenopausal women with osteoporosis. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes: official journal, German Society of Endocrinology & German Diabetes Association*. 2000;109(2):87–92.
- [144] Marcelli C, Chavoix C, Dargent-Molina P. Beneficial effects of vitamin D on falls and fractures: is cognition rather than bone or muscle behind these benefits? *Osteoporosis international*. 2015;26(1):1–10.
- [145] De la Piedra C, Díaz M. Correlación entre el telopéptido carboxiterminal del colágeno tipo I y la densidad mineral ósea medida por DEXA en la osteoporosis postmenopáusica. *REEMO*. 1992;1(Suppl B):30.
- [146] Garnero P. New biochemical markers of bone turnover. *IBMS BoneKEy*. 2008;5(3):84–102.
- [147] Barco CMR, Arija SM, Pérez MR. Marcadores bioquímicos en osteoporosis. Utilidad en la práctica clínica [Biochemical markers in osteoporosis: usefulness in clinical practice]. *Reumatología Clínica*. 2012;8(3):149–152. Spanish.
- [148] Kemmler W, von Stengel S, Weineck J, Lauber D, Kalender W, Engelke K. Exercise effects on menopausal risk factors of early postmenopausal women: 3-yr Erlangen fitness osteoporosis prevention study results. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(2):194–203.
- [149] Wolff I, Van Croonenborg J, Kemper H, Kostense P, Twisk J. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre-and postmenopausal women. *Osteoporosis international*. 1999;9(1):1–12.

- [150] Salamone LM, Cauley JA, Black DM, Simkin-Silverman L, Lang W, Gregg E, et al. Effect of a lifestyle intervention on bone mineral density in premenopausal women: a randomized trial. *The American journal of clinical nutrition*. 1999;70(1):97–103.
- [151] Uusi-Rasi K, Sievänen H, Pasanen M, Oja P, Vuori I. Maintenance of body weight, physical activity and calcium intake helps preserve bone mass in elderly women. *Osteoporosis international*. 2001;12(5):373–379.
- [152] Kanis J, McCloskey E, Johansson H, Cooper C, Rizzoli R, Reginster JY, et al. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis international*. 2013;24(1):23–57.
- [153] Arana-Arri E, Gutiérrez-Ibarluzea I, Ibarzabal MLG, Chamorro PO, Robredo AIG, Mata ÁMS, et al. Análisis comparativo frente a la evidencia del manejo de la osteoporosis en una comarca de atención primaria. *Atención primaria*. 2008;40(11):549–554.
- [154] Del Río Barquero L, Tebé Cordomi C, Johansson H, Di Gregorio Marcon S, Estrada Sabadell D, Espallargues Carreras M. Evaluación del riesgo absoluto de fractura mediante herramienta FRAX® en una cohorte española. *Revista de Osteoporosis y metabolismo mineral*. 2011;3(2):85–94.
- [155] Azagra R, Roca G, Zwart M, Encabo G. Differences in the predictive values of the FRAX™ tool between the Spanish and United Kingdom population and considerations about the intervention threshold. *Medicina clinica*. 2011;137(15):713–714.
- [156] Azagra R, Roca G, Martín-Sánchez JC, Casado E, Encabo G, Zwart M, et al. Umbrales de FRAX® para identificar personas con alto o bajo riesgo de fractura osteoporótica en población femenina española. *Medicina Clínica*. 2015;144(1):1–8.

- [157] Smith SC, Jackson R, Pearson TA, Fuster V, Yusuf S, Faergeman O, et al. Principles for national and regional guidelines on cardiovascular disease prevention a scientific statement from the World Heart and Stroke Forum. *Circulation*. 2004;109(25):3112–3121.
- [158] Costa-Font J, Gil J. Obesity and the incidence of chronic diseases in Spain: a seemingly unrelated probit approach. *Economics & Human Biology*. 2005;3(2):188–214.
- [159] Cercato C, Mancini MC, Arguello AMC, Passos VQ, Villares SMF, Halpern A. Systemic hypertension, diabetes mellitus, and dyslipidemia in relation to body mass index: evaluation of a Brazilian population. *Revista do Hospital das Clínicas*. 2004;59(3):113–118.
- [160] Romero-Corral A, Montori VM, Somers VK, Korinek J, Thomas RJ, Allison TG, et al. Association of bodyweight with total mortality and with cardiovascular events in coronary artery disease: a systematic review of cohort studies. *The Lancet*. 2006;368(9536):666–678.
- [161] Daza CH. La obesidad: un desorden metabólico de alto riesgo para la salud. *Colombia Médica*. 2002;33(2):72–80.
- [162] Park HS, Park JY, Yu R. Relationship of obesity and visceral adiposity with serum concentrations of CRP, TNF- α and IL-6. *Diabetes research and clinical practice*. 2005;69(1):29–35.
- [163] Caro J, Navarro I, Romero P, Lorente RI, Priego MA, Martínez-Hervás S, et al. Efecto metabólico del ejercicio físico regular en la población sana. *Endocrinología y Nutrición*. 2013;60(4):167–172.
- [164] Irwin ML, Yasui Y, Ulrich CM, Bowen D, Rudolph RE, Schwartz RS, et al. Effect of exercise on total and intra-abdominal body fat in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Jama*. 2003;289(3):323–330.

- [165] Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, Samsa GP, et al. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity: STRRIDE—a randomized controlled study. *Archives of internal medicine*. 2004;164(1):31–39.
- [166] Ross R, Janssen I, Dawson J, Kungl AM, Kuk JL, Wong SL, et al. Exercise-induced reduction in obesity and insulin resistance in women: a randomized controlled trial. *Obesity research*. 2004;12(5):789–798.
- [167] Sopko G, Leon AS, Jacobs DR, Foster N, Moy J, Kuba K, et al. The effects of exercise and weight loss on plasma lipids in young obese men. *Metabolism*. 1985;34(3):227–236.
- [168] Levy AS, Heaton AW. Weight control practices of US adults trying to lose weight. *Annals of Internal Medicine*. 1993;119(7_Part_2):661–666.
- [169] Janssen I, Fortier A, Hudson R, Ross R. Effects of an energy-restrictive diet with or without exercise on abdominal fat, intermuscular fat, and metabolic risk factors in obese women. *Diabetes care*. 2002;25(3):431–438.
- [170] Puglisi MJ, Vaishnav U, Shrestha S, Torres-Gonzalez M, Wood RJ, Volek JS, et al. Raisins and additional walking have distinct effects on plasma lipids and inflammatory cytokines. *Lipids Health Dis*. 2008;7(14):1–9.
- [171] Ashen MD BR. Low HDL Cholesterol Levels. *New England Journal of Medicine*. 2005;53:1252–60.
- [172] Albert MA, Danielson E, Rifai N, Ridker PM, Investigators P, et al. Effect of statin therapy on C-reactive protein levels: the pravastatin inflammation/CRP evaluation (PRINCE): a randomized trial and cohort study. *Jama*. 2001;286(1):64–70.
- [173] Ridker PM, Rifai N, Rose L, Buring JE, Cook NR. Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first

- cardiovascular events. *New England journal of medicine*. 2002;347(20):1557–1565.
- [174] Ridker PM, Danielson E, Fonseca F, Genest J, Gotto Jr AM, Kastelein J, et al. Rosuvastatin to prevent vascular events in men and women with elevated C-reactive protein. *New England Journal of Medicine*. 2008;359(21):2195.
- [175] Ridker PM. C-reactive protein, inflammation, and cardiovascular disease: clinical update. *Texas Heart Institute Journal*. 2005;32(3):384.
- [176] Pearson TA, Mensah GA, Alexander RW, Anderson JL, Cannon RO, Criqui M, et al. Markers of inflammation and cardiovascular disease application to clinical and public health practice: a statement for healthcare professionals from the centers for disease control and prevention and the American Heart Association. vol. 107. *Am Heart Assoc*; 2003.
- [177] Rodilla E, Costa J, Mares S, Miralles A, González C, Sánchez C, et al. Importancia de los componentes del síndrome metabólico en los valores de proteína C reactiva [Impact of metabolic syndrome on CRP levels]. *Revista clinica española*. 2006;206(8):363–368. Spanish.
- [178] Abramson JL, Vaccarino V. Relationship between physical activity and inflammation among apparently healthy middle-aged and older US adults. *Archives of internal medicine*. 2002;162(11):1286–1292.
- [179] Geffken DF, Cushman M, Burke GL, Polak JF, Sakkinen PA, Tracy RP. Association between physical activity and markers of inflammation in a healthy elderly population. *American journal of epidemiology*. 2001;153(3):242–250.
- [180] Wannamethee SG, Lowe GD, Whincup PH, Rumley A, Walker M, Lennon L. Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men. *Circulation*. 2002;105(15):1785–1790.

- [181] Esposito K, Pontillo A, Di Palo C, Giugliano G, Masella M, Marfella R, et al. Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *Jama*. 2003;289(14):1799–1804.
- [182] Kasapis C, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;45(10):1563–1569.
- [183] Adams GR, Vaziri ND. Skeletal muscle dysfunction in chronic renal failure: effects of exercise. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*. 2006;290(4):F753–F761.
- [184] Go AS, Chertow GM, Fan D, McCulloch CE, Hsu Cy. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *New England Journal of Medicine*. 2004;351(13):1296–1305.
- [185] Foundation NK. Clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification. National Kidney Foundation; 2002.
- [186] Zenteno J, Sosa L, Samudio M, Ruíz I, Stanley J, Funes P. Correlación entre el aclaramiento de creatinina y la fórmula MDRD-4 en la estimación del filtrado glomerular. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*. 2011;9(2):35–42.
- [187] Walzel B, Speer O, Boehm E, Kristiansen S, Chan S, Clarke K, et al. New creatine transporter assay and identification of distinct creatine transporter isoforms in muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2002;283(2):E390–E401.
- [188] Group DPPR, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *The New England journal of medicine*. 2002;346(6):393.

- [189] Cordero A, Masiá MD, Galve E. Ejercicio físico y salud. *Revista Española de Cardiología*. 2014;67(9):748–753.
- [190] Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, Proctor DN, Rizza RA, Coenen-Schimke JM, et al. Impact of aerobic exercise training on age-related changes in insulin sensitivity and muscle oxidative capacity. *Diabetes*. 2003;52(8):1888–1896.
- [191] Borghouts L, Keizer H. Exercise and insulin sensitivity: a review. *International journal of sports medicine*. 2000;21(1):1–12.
- [192] Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes care*. 2010;33(12):e147–e167.
- [193] Gayoso-Diz P, Otero-Gonzalez A, Rodriguez-Alvarez MX, Gude F, Cadarso-Suarez C, García F, et al. Insulin resistance index (HOMA-IR) levels in a general adult population: curves percentile by gender and age. The EPIRCE study. *Diabetes research and clinical practice*. 2011;94(1):146–155.
- [194] Kahn R. The metabolic syndrome (emperor) wears no clothes. *Diabetes Care*. 2006;29(7):1693–1696.
- [195] Ritchie S, Connell J. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2007;17(4):319–326.
- [196] Vogeser M, König D, Frey I, Predel HG, Parhofer KG, Berg A. Fasting serum insulin and the homeostasis model of insulin resistance (HOMA-IR) in the monitoring of lifestyle interventions in obese persons. *Clinical biochemistry*. 2007;40(13):964–968.

- [197] Rodríguez-Rodríguez E, Perea J, López-Sobaler A, Ortega R. Obesidad, resistencia a la insulina y aumento de los niveles de adipoquinas: importancia de la dieta y el ejercicio físico. *Nutrición Hospitalaria*. 2009;24(4):415–421.
- [198] Saely CH, Aczel S, Marte T, Langer P, Hoefle G, Drexel H. The metabolic syndrome, insulin resistance, and cardiovascular risk in diabetic and nondiabetic patients. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2005;90(10):5698–5703.
- [199] Cabrera Rode E, Cálix Iglesias WD, Stusser Iglesias BI, Parlá Sardiñas J, Álvarez Álvarez A, Olano Justiniani R, et al. Relación de la resistencia a la insulina con el riesgo cardiovascular, según diferentes tablas y factores de riesgo cardiovascular en sujetos sobrepesos y obesos [Association of the insulin resistance with the cardiovascular risk in overweight and obese persons, according to several cardiovascular risk tables and risk factors]. *Revista Cubana de Endocrinología*. 2013;24(2):136–152. Spanish.
- [200] Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*. 2005;35(4):339–361.
- [201] Ciloglu F, Peker I, Pehlivan A, Karacabey K, İlhan N, Saygin O, et al. Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. *Neuroendocrinology Letters*. 2005;26(6):830–834.
- [202] Raastad T, Bjørø T, Hallen J. Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise. *European journal of applied physiology*. 2000;82(1-2):121–128.
- [203] Rolland Y, Czerwinski S, Van Kan GA, Morley J, Cesari M, Onder G, et al. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *The Journal of Nutrition Health and Aging*. 2008;12(7):433–450.

- [204] Araya S, Padial P, Feriche B, Gálvez A, Pereira J, Mariscal-Arcas M. Incidencia de un programa de actividad física sobre los parámetros antropométricos y la condición física en mujeres mayores de 60 años. *Nutrición Hospitalaria*. 2012;27(5):1472–1479.
- [205] Rubenstein LZ, Harker JO, Salvà A, Guigoz Y, Vellas B. Screening for under-nutrition in geriatric practice developing the short-form mini-nutritional assessment (MNA-SF). *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2001;56(6):M366–M372.
- [206] Trujillano J, March J, Sorribas A. Aproximación metodológica al uso de redes neuronales artificiales para la predicción de resultados en medicina. *Med Clin (Barc)*. 2004;122(s1).

Anexos

A. Comité de Ética Hospital Dr. Peset Aleixandre

A/A.: Dr. Antonio Cano
Servicio de Ginecología

D. Vicent Valentín Segura, Presidente del Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario Dr. Peset.

CERTIFICA:

Que este comité en su reunión celebrada el día 30 de enero de 2013 ha evaluado y ha aprobado las aclaraciones solicitadas del estudio titulado: Estudio piloto sobre impacto de personalización del ejercicio en motivación, en consumo de fármacos, en marcadores de osteoporosis y de enfermedad cardiovascular, y en calidad de vida en mujeres postmenopáusicas.

Proyecto de investigación
Código Ceic: 99/12

CS 3/1

Valencia 6 de febrero de 2013


Fdo.: Vicent Valentín Segura
Presidente CEIC Hospital Universitario Dr. Peset

B. Comité de Ética Universidad Católica San Antonio de Murcia

DATOS DEL PROYECTO

Título:	Efectos del ejercicio físico controlado con bandas elásticas en mujeres mayores de 65 años durante 12 meses: comparativa de densidad ósea, componentes sanguíneos, equilibrio y antropometría	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
	José Luis Martínez Gil	jlmgil@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	30/10/2015
--------------	------------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos.	X
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, tejidos embrionarios o fetales.	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos.	
Investigación observacional con seres humanos o uso de datos personales, información genética, etc.	
Experimentación animal.	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas.	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs).	

Comentarios Respecto al tipo de Experimentación

Nada obsta

Comentarios Respecto a la metodología de experimentación

Nada obsta

Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir informe favorable	<input checked="" type="checkbox"/>
Emitir informe desfavorable	<input type="checkbox"/>
Emitir informe favorable condicionado a subsanación	<input type="checkbox"/>

MOTIVACIÓN
Puede contribuir a ampliar conocimientos en su área

V.º B.º El Presidente,


Fdo.: José Alberto Cánovas Sánchez



El Secretario,



Fdo.: José Alarcón Teruel

**C. Consentimiento informado Universidad Católica San Antonio de
Murcia**

ANEXO II

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,, con DNI:.....

DECLARO:

Haber sido informado/a del estudio y procedimientos de la investigación del Proyecto titulado: Efectos del ejercicio físico controlado con bandas elásticas en mujeres mayores de 65 años durante 12 meses: comparativa de densidad ósea, componentes sanguíneos, equilibrio y antropometría

Los investigadores que van a acceder a mis datos personales y a los resultados de las pruebas son: Cinta Gómez Tomas, D. José Luís Martínez Gil, D. Antonio Cano, D. Yasser Alakhdar.

Asimismo, he podido hacer preguntas del estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

1.-) Someterme a las siguientes pruebas exploratorias (en su caso): Densitometría ósea, Hemograma Completo, Antropometría y Valoración del equilibrio.

2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las exploraciones a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO CIENCIAS EXPERIMENTALES Y CIENCIAS DE LA SALUD. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En Guadalupe (Murcia) a de de 20

D. Probabilidad de fractura osteoporótica más importante a 10 años en mujeres españolas según el IMC para FRAX®



FRAX[®]

WHO Fracture Risk Assessment Tool

Ten year probability of osteoporotic fractures (%) according to BMI, the number of clinical risk factors (CRF) and age in women from Spain.

Age = 85 years

Number of CRFs	BMI (kg/m ²)						
	15	20	25	30	35	40	45
0	21	18	16	13	11	9.4	7.9
1	31 (23-44)	27 (20-37)	23 (17-30)	19 (14-25)	16 (12-21)	14 (9.9-17)	11 (8.2-14)
2	43 (31-59)	38 (26-52)	33 (23-44)	28 (19-37)	24 (16-31)	20 (13-26)	16 (11-22)
3	56 (41-70)	51 (37-65)	46 (33-60)	39 (28-51)	33 (23-44)	28 (19-37)	23 (16-31)
4	67 (53-77)	64 (49-74)	59 (45-71)	52 (39-65)	45 (33-58)	39 (27-51)	33 (23-44)
5	75 (66-80)	74 (62-80)	71 (59-78)	65 (52-73)	59 (46-67)	52 (39-61)	45 (34-54)
6	79	81	80	76	71	64	58

Age = 90 years

Number of CRFs	BMI (kg/m ²)						
	15	20	25	30	35	40	45
0	14	13	12	10	8.4	7.0	5.8
1	22 (16-33)	20 (14-28)	18 (13-24)	15 (11-20)	12 (8.8-16)	10 (7.2-13)	8.3 (5.9-10)
2	32 (22-47)	29 (19-41)	26 (17-35)	22 (14-29)	18 (12-24)	15 (9.4-20)	12 (7.7-16)
3	44 (30-58)	40 (27-53)	36 (24-48)	31 (20-41)	25 (16-35)	21 (13-29)	17 (11-24)
4	55 (40-67)	52 (37-63)	48 (35-60)	42 (29-53)	35 (24-46)	30 (20-40)	25 (16-34)
5	65 (53-72)	63 (50-71)	60 (47-69)	54 (41-63)	47 (35-56)	40 (29-49)	34 (25-42)
6	71	72	71	65	59	52	45



**E. Probabilidad de fractura de cadera a 10 años en mujeres españolas
según el IMC para FRAX®**



FRAX[®]

WHO Fracture Risk Assessment Tool

Ten year probability of hip fractures (%) according to BMI, the number of clinical risk factors (CRF) and age in women from Spain.

Age = 85 years

Number of CRFs	BMI (kg/m ²)						
	15	20	25	30	35	40	45
0	16	11	7.3	5.6	4.3	3.3	2.6
1	26 (19-41)	19 (14-32)	13 (9.7-23)	10 (7.5-18)	8.1 (5.8-14)	6.2 (4.5-11)	4.8 (3.4-8.6)
2	39 (27-57)	31 (20-47)	23 (14-37)	18 (11-30)	14 (8.7-24)	11 (6.7-19)	8.7 (5.2-15)
3	53 (37-68)	45 (29-62)	36 (21-53)	29 (17-45)	24 (13-37)	19 (10-30)	15 (7.9-24)
4	66 (49-76)	60 (42-72)	51 (34-65)	44 (27-57)	37 (22-49)	30 (17-41)	24 (13-34)
5	75 (63-80)	72 (57-79)	67 (49-75)	60 (41-69)	52 (34-61)	44 (27-53)	37 (22-45)
6	79	80	78	73	67	60	52

Age = 90 years

Number of CRFs	BMI (kg/m ²)						
	15	20	25	30	35	40	45
0	11	8.1	5.7	4.4	3.3	2.5	1.9
1	18 (13-31)	14 (10-24)	10 (7.3-18)	8.0 (5.6-14)	6.1 (4.3-11)	4.7 (3.3-8.5)	3.6 (2.5-6.6)
2	29 (19-44)	23 (15-37)	18 (11-29)	14 (8.4-23)	11 (6.4-18)	8.3 (4.9-14)	6.4 (3.7-11)
3	41 (27-56)	35 (21-49)	28 (16-42)	23 (13-35)	18 (9.8-28)	14 (7.5-23)	11 (5.8-18)
4	53 (36-65)	48 (31-60)	41 (25-54)	34 (20-46)	28 (15-39)	23 (12-32)	18 (9.3-26)
5	64 (50-71)	61 (44-69)	55 (38-65)	48 (31-57)	41 (25-50)	34 (20-42)	28 (15-35)
6	71	71	68	62	55	48	40



