



# VNiVERSIDAD D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

## TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO DE SALUD, DISCAPACIDAD, DEPENDENCIA Y BIENESTAR

## EVOLUCIÓN DEL ESTADO MUSCULAR Y GRADO DE SARCOPENIA TRAS UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE POTENCIA EN MUJERES MAYORES CON PRESARCOPENIA

PRESENTADA POR:

**LUIS POLO FERRERO**

DIRIGIDA POR:

**DR. ROBERTO MÉNDEZ SÁNCHEZ**

Salamanca, 2023.



El Doctor D. Roberto Méndez Sánchez, profesor del Departamento de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca

CERTIFICA:

Que la tesis titulada **“EVOLUCIÓN DEL ESTADO MUSCULAR Y GRADO DE SARCOPENIA TRAS UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE POTENCIA EN MUJERES MAYORES CON PRESARCOPENIA”**, realizada por D. Luis Polo Ferrero, cumple con todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca.

Para que conste y en el cumplimiento de la normativa vigente, firma el presente certificado con fecha 20 de noviembre de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'R. Méndez Sánchez', is written over a faint, light blue circular stamp or watermark.



***Dedicada a mi abuela Encarna.***



***“La suerte y la inspiración te tienen que encontrar trabajando”***

Pablo Picasso.

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron al desarrollo y finalización de esta tesis doctoral.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi director de tesis, Dr. Roberto Méndez Sánchez, por su orientación, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación. Por saber calmarme y guiarme para que el desarrollo de la tesis siguiera su cauce.

Quisiera agradecer al Dr. Fausto José Barbero Iglesias por la oportunidad que me brindó al incluirme en el Proyecto que lidera con excelencia. Por enseñarme que la carrera docente es una carrera de fondo.

Gracias Roberto y Fausto por ser mis mentores, permitirme ser uno de vuestros discípulos y apostar por mí. Vuestra guía y apoyo constante han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis. Gracias por darme la oportunidad de descubrir lo que de verdad me apasiona y apoyarme en cada paso que doy.

Gracias a todo el Equipo de Investigación, por la colaboración y el esfuerzo conjunto que han enriquecido enormemente el contenido y ha hecho posible que se consiguieran los objetivos de esta tesis.

Gracias a Marta, Arturo, Ana, Susana, Jorge, Natalia, María y Ana por haber estado trabajando codo con codo en el trabajo sucio de la tesis, por la paciencia que habéis tenido conmigo. Agradezco el espíritu de equipo que hemos tenido durante todos estos años y todo lo que me habéis aportado, que no todo ha sido trabajar.

Gracias a Dr. Javier Martín Vallejo por su imprescindible ayuda con el análisis estadístico.

Gracias a Dra. María Consuelo Sancho Sánchez, coordinadora del Programa de Doctorado, por resolver todas las dudas que he ido teniendo en el proceso.

Gracias a Dr. Juan Luis Sánchez González por su amistad, su apoyo desinteresado y todos los consejos de valor que me aporta.

Gracias a mis compañeros de la Federación de Balonmano de Castilla y León y de la Unión Deportiva Salamanca que han sido testigos de cada avance del trabajo y de mi ordenador en todas las concentraciones.

Gracias a la Facultad de Enfermería y Fisioterapia por permitir desarrollar el Proyecto, el material necesario y el espacio para realizar las valoraciones.

Gracias a la Concejalía de Mayores del Ayuntamiento de Salamanca, especialmente a María Josefa, Cristina y Yose por trabajar para que el Proyecto pueda desarrollarse perfectamente y permitir realizar ejercicio físico a todos los adultos mayores de Salamanca año tras año. Gracias por la labor social y sanitaria que permitís que sea posible.

Gracias a todas las personas mayores que se han prestado a realizar ejercicio físico en el Programa de Revitalización Geriátrica.

Gracias a todos los profesores y entrenadores que han influido positivamente a lo largo de mi vida académica y deportiva. Gracias por enseñarme valores tan importantes como el compromiso, la disciplina, la responsabilidad y el trabajo en equipo.

Gracias a mis amigos, por aguantar la palabra “tesis” todo este tiempo, por ser una fuente de apoyo indispensable, ánimo, comprensión y una vía de escape cuando ha sido necesario.

Gracias Sara por haber sido un apoyo imprescindible y necesario y por la paciencia que has tenido conmigo este tiempo.

Por último, me gustaría agradecer el apoyo de las personas más importantes para mí. Gracias a mis padres por los valores y el cariño recibido, por la educación que me han brindado y el sacrificio que han hecho para hacer posible la persona que soy hoy. Ellos fueron los que me enseñaron que nada cae del cielo, que todo hay que trabajarlo. Gracias a mi hermana, por acompañarme en cada paso que doy, por ser una referente para mí y levantarme siempre que lo he necesitado. Y por último, agradecer a mi debilidad, mi abuela Encarna, mi paciente más complicada, fuente de inspiración para que a día de hoy sea fisioterapeuta y la persona que más quiero.

Sin todos vosotros no hubiera sido posible,

Gracias de corazón.



# ÍNDICE GENERAL

1	JUSTIFICACIÓN .....	1
2	INTRODUCCIÓN.....	5
2.1	El envejecimiento .....	5
2.2	Tipos de envejecimiento.....	8
2.3	Síndrome de Fragilidad .....	9
2.4	Definición de sarcopenia .....	11
2.5	Diagnóstico de sarcopenia .....	14
2.5.1	Algoritmo diagnóstico EWGSOP2.....	15
2.6	Prevalencia de sarcopenia .....	17
2.7	Factores asociados a la sarcopenia .....	19
2.7.1	Sarcopenia y mujer .....	21
2.8	Consecuencias de la sarcopenia .....	22
2.9	Tratamiento de la sarcopenia .....	26
2.9.1	Intervenciones no farmacológicas.....	26
2.9.2	Tratamiento farmacológico.....	27
2.10	Actividad física y ejercicio físico .....	28
2.10.1	Cuantificación del gasto energético (MET) .....	28
2.10.2	Recomendaciones de actividad física según la OMS .....	29
2.10.3	Asociación de Escala Borg y MET .....	30
2.11	Ejercicio físico .....	31
2.11.1	Beneficios del ejercicio físico .....	31
2.12	Tipos de entrenamiento.....	32
2.12.1	Entrenamiento multicomponente o mixto .....	33
2.12.2	Entrenamiento de fuerza .....	33
2.12.3	Entrenamiento de potencia .....	34
2.13	Programa de Revitalización Geriátrica – PreGe .....	35
3	HIPOTESIS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1	Pregunta de investigación .....	39
3.2	Hipótesis.....	39
4	OBJETIVOS .....	40
4.1	Objetivo general .....	40
4.2	Objetivos secundarios .....	40
5	MATERIALES Y MÉTODOS .....	43
5.1	Diseño del estudio.....	43
5.2	Ámbito de trabajo .....	44
5.3	Población de estudio .....	44

5.4	Criterios de selección .....	44
5.5	Estrategia de reclutamiento, selección y aleatorización.....	45
5.6	Estrategias de enmascaramiento.....	46
5.7	Cálculo del tamaño muestral.....	46
5.8	Planificación y desarrollo del estudio .....	47
5.9	Evaluaciones.....	48
5.10	Variables de estudio.....	49
5.10.1	Variables sociodemográficas .....	49
5.10.2	Variables de estudio primarias.....	49
5.10.3	Variables de estudio secundarias .....	51
5.11	Intervenciones.....	57
5.11.1	Metodología de progresión de la carga.....	58
5.11.2	Programa de entrenamiento de potencia muscular .....	60
5.11.3	Programa de entrenamiento mixto multicomponente .....	61
5.11.4	Grupo control sin ejercicio.....	62
5.12	Análisis estadístico.....	62
5.13	Recursos humanos y materiales .....	63
5.14	Cuestiones éticas .....	64
6	RESULTADOS .....	67
6.1	Resultados de prevalencia de sarcopenia. Estudio transversal.....	67
6.2	Resultados descriptivos de valores basales .....	69
6.3	Resultados grado de sarcopenia.....	73
6.4	Resultados de composición corporal .....	75
6.5	Resultados de funcionalidad .....	80
7	DISCUSIÓN.....	89
7.1	Discusión del diseño del estudio.....	89
7.2	Discusión de los resultados de la prevalencia y grado de sarcopenia.....	92
7.3	Discusión de los resultados de la composición corporal.....	95
7.4	Discusión de los resultados sobre funcionalidad .....	98
7.5	Limitaciones .....	101
7.6	Perspectivas de futuro.....	102
8	CONCLUSIONES.....	105
9	BIBLIOGRAFIA.....	109
10	ANEXOS .....	135

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Escala FRAIL para medir fragilidad.....	10
<b>TABLA 2.</b> Puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia según criterios del EWGSOP2.....	17
<b>TABLA 3.</b> Prevalencia de sarcopenia según definiciones después de 2010.....	18
<b>TABLA 4.</b> Criterios de selección de casos.....	44
<b>TABLA 5.</b> Categorización del nivel del peso según el IMC.....	53
<b>TABLA 6.</b> Estructura de la sesión de ejercicio.....	58
<b>TABLA 7.</b> Formas de progresar la intensidad.....	60
<b>TABLA 8.</b> Ejercicio y fases del programa de ejercicio de potencia.....	61
<b>TABLA 9.</b> Sesión tipo del programa de ejercicio multicomponente.....	62
<b>TABLA 10.</b> Media, desviación estándar, mediana y rango intercuartílico de los valores basales.....	71
<b>TABLA 11.</b> Estudio de la normalidad de las variables dependientes e independientes.....	72
<b>TABLA 12.</b> Frecuencias de las variables que marcan riesgo de fragilidad y sarcopenia.....	73
<b>TABLA 13.</b> Test de normalidad y de homogeneidad de las diferencias de las variables de composición corporal tras la intervención.....	75
<b>TABLA 14.</b> Diferencia de las medias y desviaciones estándar de las variables de composición corporal y análisis de la varianza.....	77
<b>TABLA 15.</b> Comparaciones de los resultados de las variables de composición corporal obtenido entre cada grupo mediante contraste de Bonferroni.....	79
<b>TABLA 16.</b> Test de normalidad y de homogeneidad de las diferencias de las variables de funcionalidad tras la intervención.....	80
<b>TABLA 17.</b> Diferencia de las medias y desviaciones estándar de las variables de funcionalidad y análisis de la varianza.....	82
<b>TABLA 18.</b> Análisis de la diferencia de los cambios de la mediana.....	85
<b>TABLA 19.</b> Comparaciones de los resultados de las variables de funcionalidad obtenidos entre cada grupo mediante contraste de Bonferroni.....	86

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Evolución de la fuerza y la funcionalidad en función de la edad .....	7
<b>FIGURA 2.</b> Baja masa muscular en las definiciones de desnutrición, sarcopenia y caquexia: encrucijada conceptual.....	11
<b>FIGURA 3.</b> Algoritmo de diagnóstico de sarcopenia según el EWGSOP2 .....	15
<b>FIGURA 4.</b> Resumen de los factores asociados y consecuencias de la sarcopenia ...	25
<b>FIGURA 5.</b> Escala original y modificada de Borg de percepción del esfuerzo.....	30
<b>FIGURA 6.</b> Medición de la fuerza de prensión manual. ....	50
<b>FIGURA 7.</b> Medición de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica. ....	51
<b>FIGURA 8.</b> Descripción de la prueba Timed Up&Go (TUG). ....	56
<b>FIGURA 9.</b> Realización de la prueba del perfil de fuerza-velocidad mediante el encoder lineal. ....	57
<b>FIGURA 10.</b> Propuesta de progresión de la carga en el ejercicio de sentadilla.....	59
<b>FIGURA 11.</b> Porcentaje del número de personas con riesgo de sufrir sarcopenia en la ciudad de Salamanca. ....	67
<b>FIGURA 12.</b> Prevalencia del grado de sarcopenia entre los adultos mayores de Salamanca.....	68
<b>FIGURA 13.</b> Clasificación del riesgo de sarcopenia en función de la edad. ....	68
<b>FIGURA 14.</b> Clasificación del grado de sarcopenia en función del sexo. ....	69
<b>FIGURA 15.</b> Diagrama de flujo de la distribución de participantes a lo largo de la intervención. ....	70
<b>FIGURA 16.</b> Número de personas con riesgo de sarcopenia tras la intervención en los tres grupos.....	74
<b>FIGURA 17.</b> Numero de caídas antes y después de la intervención por grupos.....	74
<b>FIGURA 18.</b> Biplot canónico de las variables de composición corporal.....	76
<b>FIGURA 19.</b> Diferencia de medias de las variables de masa muscular entre los grupos tras la intervención.....	78
<b>FIGURA 20.</b> Biplot canónico de las variables de funcionalidad. ....	82
<b>FIGURA 21.</b> Densidad de las variables principales que marcan el estado de presarcopenia antes y después de la intervención.....	83
<b>FIGURA 22.</b> Cambio sobre la potencia del perfil fuerza/velocidad en los tres grupos tras la intervención.....	84

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1.</b> Puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia de todos los contextos clínicos.....	135
<b>ANEXO 2.</b> Consentimiento informado .....	138
<b>ANEXO 3.</b> Cronograma: .....	142
<b>ANEXO 4.</b> Cuestionario SARC-F: .....	143
<b>ANEXO 5.</b> Short Physical Performance Battery (SPPB): .....	144

## ABREVIATURAS

- 5STS: test de las cinco sentadillas (en inglés, *Five-Repetition-Sit-To-Stand Test*).
- ACSM: Colegio Americano de Medicina Deportiva.
- AIT: análisis por intención a tratar.
- ASM: masa muscular apendicular (en inglés, *Appendicular Skeletal Muscle Mass*).
- AWGS: Grupo de Trabajo Asiático para la Sarcopenia.
- BIA: bioimpedancia eléctrica.
- CMD: cambio mínimo detectable.
- CS: prueba de soporte de silla, (en inglés *Chair Stand Test*).
- DNI: Documento Nacional de Identidad.
- DXA: absorciometría de rayos X de energía dual.
- E1: Estrona; E2: Estradiol; E3: Estriol; E4: Estetrol.
- EWGSOP: Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores.
- FNIH: Proyecto de sarcopenia de la Fundación para los Institutos Nacionales de Salud.
- GC: grupo control sin ejercicio.
- GM: grupo de ejercicio mixto.
- GP: grupo de Ejercicio de Potencia Muscular.
- GS: velocidad de la marcha (en inglés, *Gait Speed Test*).
- HG: prueba de agarre manual (en inglés, *Hand Grip Test*).
- HTA: hipertensión arterial.
- IL: interleucina.
- IMC: índice de masa corporal.
- IWGS: Grupo de Trabajo Internacional sobre Sarcopenia.
- MET: Equivalentes Metabólicos.
- MT: entrenamiento mixto o multicomponente (en inglés, *multicomponent training*).
- PReGe: Programa de Revitalización Geriátrica.
- PT: entrenamiento de potencia (en inglés, *power training*).
- RM: resonancia magnética.
- RT: entrenamiento de resistencia (en inglés, *resistance training*).
- SPPB: Batería Corta de Rendimiento Físico (en inglés, *Short Physical Performance Battery*)
- TNF $\alpha$ : factor de necrosis tumoral alfa.
- TUG: *Timed Up&Go test*.
- Vit D: vitamina D.
- %BF: Porcentaje de grasa corporal (en inglés, *body fat percentage*).
- %MT: Porcentaje de masa muscular (en inglés, *muscle total percentage*).



# JUSTIFICACIÓN

# 1 JUSTIFICACIÓN

Uno de los grandes triunfos de todos los profesionales de la salud es el aumento de la esperanza de vida; las personas cada vez vivimos más. Si a este dato le sumamos la caída de la natalidad en los últimos años, se traduce en el envejecimiento de la población global y en especial de la española. El envejecimiento se ha convertido en uno de los grandes retos de la sociedad y de la comunidad científica, la investigación sobre las enfermedades, síndromes y fenómenos asociados al envejecimiento está siendo motivo y foco de interés en el campo de la geriatría, no solo por aumentar el número de años sino también la calidad de vida de esos últimos años especialmente.

Uno de los grandes problemas asociados al envejecimiento es la fragilidad, ya que se asocia a la discapacidad, a la dependencia, la cual lleva a la hospitalización, a la institucionalización, e incluso, a la mortalidad. Un fenómeno que ha ganado relevancia dentro de la esfera de la fragilidad en los últimos años es la sarcopenia, una condición caracterizada por la disminución de la fuerza y la masa muscular.

En nuestra sociedad occidental, se han gestado diversos factores que han contribuido a agravar este proceso fisiológico de pérdida muscular, caracterizado por el sedentarismo, los malos hábitos alimenticios y la falta de actividad física. Sin embargo, a través de la implementación de políticas sanitarias preventivas, como la educación sanitaria, la promoción de hábitos saludables y la puesta en marcha de programas de ejercicio físico, es posible mitigar estos costos y mejorar la calidad de vida y bienestar de las personas.

Desde febrero de 2021 tengo la oportunidad de participar como personal investigador en el Proyecto "Investigación sobre la adecuación de programas de actividad física, revitalización, reeducación muscular y terapia ocupacional con personas mayores en el marco de la fisioterapia preventiva", liderado por el Doctor Fausto José Barbero Iglesias. Dicho proyecto lleva más de 30 años puesto en marcha ininterrumpidamente en colaboración con el Excmo. Ayuntamiento de Salamanca desde la Facultad de Enfermería y Fisioterapia.



Actualmente, formo parte como miembro del equipo de investigación, y el Proyecto ha evolucionado renombrándose como "Investigación en envejecimiento activo con fisioterapia preventiva - PReGe", abarcando los problemas asociados al envejecimiento, no solo desde el ejercicio físico de la fisioterapia, sino también la estimulación cognitiva desde la terapia ocupacional y el control dietético desde la enfermería.

Durante todo este tiempo he tenido el privilegio de comprobar de primera mano los efectos positivos que tiene realizar ejercicio físico de forma regular en las personas mayores, así como, de identificar el tipo de ejercicio más adecuado para ellos, aquel que les proporciona mayor calidad de vida y mejores sensaciones. Es por ello, que me di cuenta de que el entrenamiento de fuerza, especialmente realizado a alta velocidad, reporta grandes beneficios en los adultos mayores (AM), ya que comunicaban que se encontraban más ágiles, con mayor independencia, y esto les permitía realizar actividades de la vida diaria con mayor facilidad y confianza.

Por tanto, surgió la idea de investigar si una intervención de entrenamiento de fuerza basado en la potencia muscular podría revertir y prevenir la sarcopenia en mujeres mayores que tienen un diagnóstico al límite de confirmar esta condición. Los expertos recomiendan realizar ensayos clínicos para comprobar tratamientos antes de que la enfermedad se instaure. Los objetivos serían reducir la fragilidad, prevenir la dependencia, mejorar la funcionalidad y composición corporal, así como, evitar los costes futuros asociados a los problemas de salud y la atención médica necesaria en etapas más avanzadas de la enfermedad.

Por todo lo expuesto, decidimos realizar la Tesis Doctoral dentro del Programa de Doctorado de Salud, Discapacidad, Dependencia y bienestar de la Universidad de Salamanca titulada: **“EVOLUCIÓN DEL ESTADO MUSCULAR Y GRADO DE SARCOPENIA TRAS UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE POTENCIA EN MUJERES MAYORES CON PRESARCOPENIA”**.

Justificación.



# INTRODUCCIÓN

## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 El envejecimiento

El envejecimiento es el proceso biológico complejo y multidimensional que experimenta el organismo a medida que avanza la edad, incluyendo los cambios estructurales, funcionales y psicológicos. Representa la manifestación, asociada al paso del tiempo, de diversas reducciones en la capacidad de adaptación de nuestras células de nuestra bioeconomía (1). Es el deterioro progresivo a nivel celular, tisular y orgánico que conduce a la pérdida de homeostasis, la disminución de la capacidad de adaptación a estímulos internos o externos y el aumento de la vulnerabilidad a la enfermedad y la funcionalidad (2).

Las huellas visibles del envejecimiento son la pérdida de cantidad y pigmentación del cabello, la disminución de la estatura, la disminución de la masa muscular y la piel fina y arrugada (3). El envejecimiento no es tan malo como parece, se trata de un gran triunfo y a la vez un gran reto de la sociedad y la comunidad científica. Si se quiere que nuestra creciente población de AM siga contribuyendo a la sociedad, se debe optimizar el envejecimiento saludable de toda la población.

Se trata de un fenómeno global cuya incidencia está aumentando rápidamente debido a la combinación de una mayor esperanza de vida y una disminución de la natalidad (4). Según la definición de la ONU, cuando una población mayor de 60 años supera el 7% en un país, se considera que ese país está envejecido (5). Según el *World Population Prospects 2019* publicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población mundial alcanzará los 9.800 millones en 2050, de los cuales más de 1.500 millones serán mayores de 65 años, lo que representa el 16% de la población total (6).

Debido al aumento en el envejecimiento de la población global en general y en especial de la española, la investigación sobre las enfermedades, síndromes y fenómenos asociados al envejecimiento está siendo motivo y foco de interés en el campo de la geriatría. En España, los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística en 2022, muestran que en España hay un total de 9.475.866 personas mayores de 65 años y de ellas 1.607.874 son personas mayores

de 85 años, lo que representa el 19,98% y el 3,39% respectivamente de la población total del país (7).

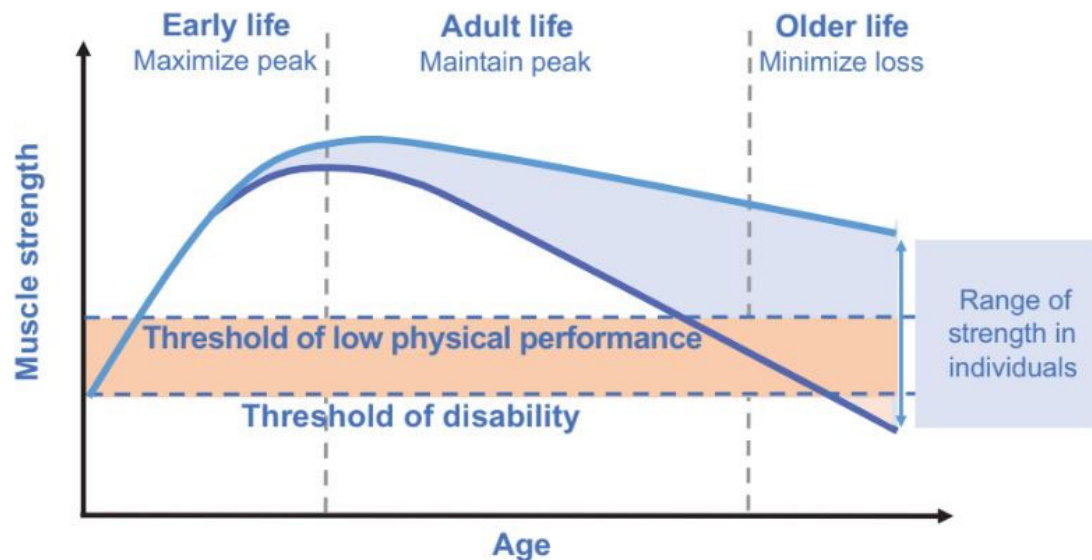
Desde el punto de vista biológico el envejecimiento es un proceso que tiene las siguientes características; en primer lugar es continuo, es decir, una vez iniciado tiene una vía continua de avance. Es progresivo, lo que significa que, aunque pueda haber fases en las cuales parezca que el envejecimiento se ha parado, sus consecuencias biológicas en nuestra fisiología no se han detenido. Es universal, pues ocurre en todas las poblaciones, aunque con diferentes grados de afectación. Es variable, dado que no todas las personas o seres vivos de una misma especie envejecen al mismo ritmo (8).

El fenotipo de envejecimiento saludable incluye cinco dimensiones: salud metabólica y fisiológica, función física, función cognitiva, bienestar psicológico y bienestar social (9). Para que se produzca el envejecimiento saludable se ha tratado de identificar y categorizar las características celulares y moleculares que pueden afectar a todas las dimensiones del envejecimiento y contribuyen a determinar el tipo o fenotipo de envejecimiento. Las características descritas incluirían inestabilidad genómica, desgaste de los telómeros, alteraciones epigenéticas, pérdida de proteostasis, detección de nutrientes desregulada, disfunción mitocondrial, senescencia celular, agotamiento de las células madre y comunicación intercelular alterada (10).

Gran parte de que durante el envejecimiento la función física se mantenga lo va a marcar la reserva funcional del individuo, un concepto que Arnett et al. lo determinaron en 2008. Se definió como la diferencia entre la máxima capacidad física o mental de un constructo y el mínimo necesario para lograr efectuar la función cotidiana. Dicho concepto defiende que cuanto mayor es la reserva a nivel físico, mental y social tengamos en los años previos a cuando se acentúan los efectos del envejecimiento, mejor envejecimiento se tendrá, con menos comorbilidades y patologías. En términos funcionales dicha reserva estará influida por los niveles de fuerza muscular y resistencia cardiovascular principalmente (11). Va a estar condicionada por diversos factores en los que tener un estilo de vida saludable a lo largo de la vida y el mantenimiento de niveles óptimos de masa muscular marcarán una diferencia sustancial en el grado de reserva

funcional cuando los efectos del envejecimiento comienzan a hacerse presentes (FIGURA 1.) (12).

**FIGURA 1.** Evolución de la fuerza y la funcionalidad en función de la edad (12).



A lo largo de los años han existido diferentes revoluciones sanitarias en relación con el envejecimiento. En un primer lugar el envejecimiento se medía únicamente por la edad del sujeto y es conocido como el envejecimiento demográfico. Se establece como ancianos jóvenes entre los 64 y 74 años, ancianos viejos entre los 75 y 84 años y a partir de las 85 años se consideran ancianos muy viejos (13).

Posteriormente, con el crecimiento del interés en la genética y la epigenética, se produjeron dos revoluciones sanitarias más. Estas revoluciones son el envejecimiento epidemiológico y el envejecimiento funcional. Estos procesos marcarán la buena o mala salud en general, así como la esperanza de vida libre o no de discapacidad (14). Además, también marcarán la edad biológico-funcional, que es el daño acumulado en los sistemas biológicos a lo largo de la vida, lo que provoca la pérdida de reserva y capacidad para responder a los desafíos (15).

A medida que la población envejece, aumenta la prevalencia de enfermedades crónicas y discapacidades asociadas con la edad, lo que puede tener un impacto significativo en los sistemas de salud y en la calidad de vida de las personas mayores (16). Las principales enfermedades que pueden afectar a la morbilidad son la hipertensión arterial (HTA), la diabetes mellitus, insuficiencia isquémica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, asma, ictus, cáncer,

artrosis, artritis, osteoporosis, enfermedad de Parkinson, demencia, etc. Se considera que tener más de dos enfermedades puede provocar tener morbilidad y presentar un envejecimiento epidemiológico acelerado. En función del envejecimiento epidemiológico se puede clasificar a los ancianos en robustos, prefrágiles o frágiles (17).

Por último, el envejecimiento funcional se refiere a la capacidad de una persona mayor para realizar actividades cotidianas de manera independiente y sin limitaciones físicas o cognitivas. Los tipos de limitación funcional son de movilidad, sensorial, cognitiva, visual y auditiva (14). En función del envejecimiento funcional se suele clasificar mediante escalas en adultos con nivel de dependencia leve, moderada y severa.

## 2.2 Tipos de envejecimiento

Existen diferentes clasificaciones para medir el envejecimiento. Una de las más habituales es la siguiente:

**1.1 Envejecimiento fisiológico:** es el envejecimiento natural; el proceso que ocurre de manera inevitable a medida que avanzamos en edad. Se denotan cambios graduales y progresivos en los diferentes sistemas (18).

**1.2 Envejecimiento exitoso:** se trata de mantener un buen estado de salud y calidad de vida óptima a medida que se envejece. Involucra el mantenimiento de la capacidad funcional, la independencia y el bienestar físico, mental y social (19). Debido a la heterogeneidad del proceso de envejecimiento, el concepto de envejecimiento exitoso depende del contexto cultural de la comunidad. Por lo tanto, se recomienda prestar atención a esta definición considerando las condiciones culturales, sociales y religiosas de cada sociedad (20). El éxito en el envejecimiento no está influido por factores constantes como el estado genético de un individuo, sino más bien con hacer ejercicio regularmente, mantener una red social y establecer a lo largo de la vida una actitud mental positiva (5,18).

**1.3 Envejecimiento patológico:** se caracteriza por la presencia de enfermedades crónicas (principalmente cardiovasculares y neurodegenerativas) y la presencia de discapacidad funcional acompañada de dolor (21). Las personas que sufren el envejecimiento patológico tendrán una calidad de vida afectada y una esperanza de vida más corta (22).

## 2.3 Síndrome de Fragilidad

El concepto de fragilidad ha evolucionado durante los últimos años, y actualmente no existe un consenso sobre su definición. Se puede definir como un síndrome geriátrico complejo multicausal ligado a la trayectoria de vida del AM que aumenta la vulnerabilidad a los factores estresantes, lo que a menudo resulta en una disminución de la reserva fisiológica en múltiples órganos que causa una capacidad limitada para mantener la homeostasis (23). La fragilidad relacionada con la edad se caracteriza por una progresión hacia el declive funcional y un mayor riesgo de déficits clínicos. Por lo tanto, ésta se considera un estado previo a la discapacidad y la dependencia, y se asocia a la hospitalización, la institucionalización, incluso a la mortalidad (6).

El modelo de fragilidad conceptual integral y el modelo de ciclo de fragilidad han sido generalmente aceptados como teorías representativas para explicar la fragilidad. Se presenta como un círculo vicioso en el que la desnutrición continuada con enfermedades crónicas subyacentes provocan un agravamiento de la pérdida de masa muscular y una pérdida en la funcionalidad de la persona (24,25).

Existen tres factores clave que se mantienen consistentes en la conceptualización del síndrome de fragilidad y son que la fragilidad es multidimensional y se deben incluir tanto factores físicos como psicosociales; se debe tomar como una consecuencia extrema del proceso normal de envejecimiento y por último afirmar que es reversible, ya que los niveles de fragilidad pueden avanzar en una dirección u otra, considerándose así un síndrome dinámico (26).

Hoy en día, existen dos constructos principales en los que se pueden dividir la definición de fragilidad: el fenotipo de fragilidad física y las basadas en los modelos de fragilidad por acumulación de déficits.

1. **Fenotipo de la fragilidad física:** definido por Fried et al., presentaron una definición multidisciplinar, cualitativa y operativa de la fragilidad incluyendo cinco dominios (estado nutricional, energía, actividad física, movilidad y fuerza). La pérdida de peso involuntaria, la debilidad, la lentitud, el agotamiento y la reducción de la actividad física son los principales criterios de la Escala de Fried para medir la fragilidad física. Si las personas



cumplen 3 o más se consideran frágiles, si cumplen 1 o 2 se consideran prefrágiles y si no cumplen ninguno no frágiles (27). Aunque se trata del principal constructo a seguir, es necesario un mayor consenso para optimizar las evaluaciones y opciones terapéuticas en la fragilidad (28). En modelos ampliados se han agregado ítems cognitivos y psicológicos (29).

2. **Fenotipo de la fragilidad por acumulación de déficits:** Rockwood et al. presentaron una definición de salud más general orientada a déficits que abarcan el estado cognitivo, el estado de ánimo, la motivación, la capacidad de comunicación, la movilidad, el equilibrio, el estado de nutrición, los recursos sociales, la función intestinal y de la vejiga, las actividades de la vida diaria y un listado de comorbilidades (30). Al tratarse de una escala de 70 ítems, posteriormente se han propuesto escalas más cortas (31).

Existe otra escala muy sencilla que mide dicha fragilidad, basada en el fenotipo de Fried propuesta por Morley et al. conocida como la Escala FRAIL (por sus siglas en inglés: *Fatigue, Resistance, Ambulation, Illness and weight Loss*). Ha sido validada para predecir resultados adversos de salud, como discapacidad y mortalidad (32). La puntuación varía de 0 a 5 indicando si la persona es frágil, prefrágil o robusta:

**TABLA 1.** Escala FRAIL para medir fragilidad.

<b>ESCALA FRAIL</b>		
<b>F</b>	<i>Fatigue</i>	¿Se siente usted cansado o fatigado??
<b>R</b>	<i>Resistance</i>	¿Se siente incapaz de subir un piso de escaleras?
<b>A</b>	<i>Aerobic</i>	¿Se le dificultaría caminar una manzana completa?
<b>I</b>	<i>Illness</i>	¿Usted tiene más de 5 enfermedades actualmente?
<b>L</b>	<i>Lost of weight</i>	¿Ha perdido más del 5% de peso en los últimos 6 meses?

La prevalencia de la fragilidad en los AM varía no solo según la definición fenotípica y los criterios de fragilidad, sino también según la edad, la región y el entorno de vida (vivienda en la comunidad versus instituciones de atención médica) (33). En los AM que viven en la comunidad, se ha estimado que la prevalencia de la fragilidad es del 11 al 17 %, mientras que la prevalencia de la prefragilidad se ha informado que ronda el 42 % (34–36). Las personas con menor nivel

educativo, las mujeres y los AM de 85 años tienden a tener mayores niveles de fragilidad (34,37–39).

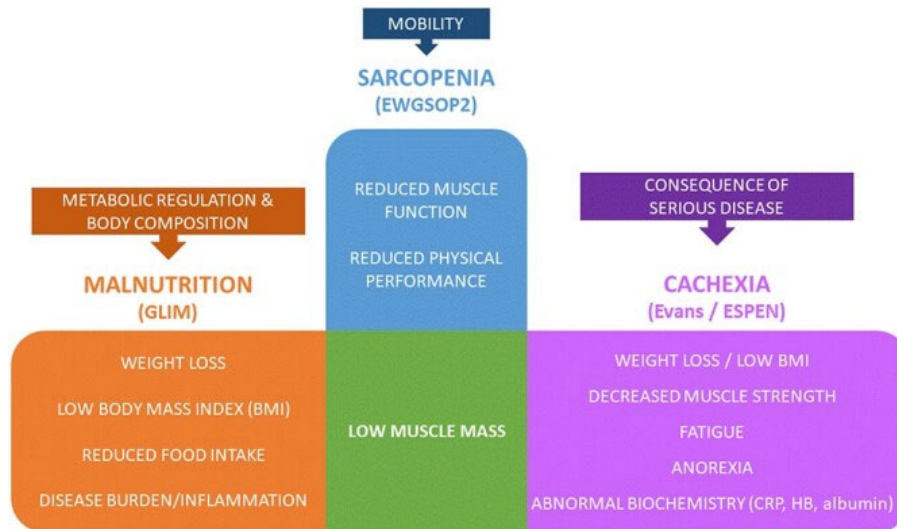
Junto con la fragilidad existe otro síndrome que está relacionado y comparten características conocido como sarcopenia. A menudo, estas dos entidades se superponen en el diagnóstico y el tratamiento, a pesar de que la diferencia la marcan las distintas definiciones (23). Ambas son problemas de salud significativos en la población de edad avanzada. La fragilidad puede llevar a una mayor vulnerabilidad y riesgo de caídas, mientras que la sarcopenia puede contribuir a la pérdida de la función muscular y la disminución de la calidad de vida (40). El diagnóstico, la prevención y el tratamiento de la fragilidad y la sarcopenia son de vital importancia para mantener la integridad muscular y promover un envejecimiento saludable en la población de edad avanzada.

## **2.4 Definición de sarcopenia**

En 1989, Irwin Rosenberg propuso el término 'sarcopenia' (del griego 'sarx' o carne + 'penia' o pérdida) para describir esta disminución de la masa muscular relacionada con la edad (41).

En la actualidad utilizar el concepto de sarcopenia como sinónimo de baja masa muscular no se puede sostener ya que la baja masa muscular es el núcleo de tres condiciones relacionadas: la sarcopenia, la caquexia y la desnutrición (FIGURA 2.) (42). La caquexia se refiere a un estado de extrema debilidad y pérdida severa de peso en una persona generalmente asociado con enfermedades crónicas como el cáncer o el VIH/SIDA y suele estar asociado a sentir fatiga o trastornos como la anorexia (43). Por otro lado la Iniciativa de Liderazgo Global sobre Desnutrición ha propuesto una definición mundial de desnutrición que utiliza cinco criterios, en el que uno de ellos es la baja masa muscular (44), por lo que la definición de sarcopenia debe de ser más completa.

**FIGURA 2.** Baja masa muscular en las definiciones de desnutrición, sarcopenia y caquexia: encrucijada conceptual.



En 2010, el Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP) publicó una definición de sarcopenia que fue ampliamente utilizada en todo el mundo. Esta definición fomentó avances en la identificación y atención de personas con riesgo de sarcopenia o con sarcopenia. Se recomendó por primera vez no solo usar los términos de masa muscular baja, sino incluir también el de baja función muscular (fuerza o rendimiento) (45). La justificación para el uso de los dos criterios fue que a fuerza muscular no depende únicamente de la masa muscular, y la relación entre ambos no es lineal (46).

Diez años después, el grupo de trabajo se volvió a reunir para considerar si era necesaria una actualización o no para reflejar la evidencia científica acumulada en este periodo. En la revisión del grupo de trabajo de 2019 (EWGSOP2), la fuerza muscular ocupa un lugar destacado, y es actualmente la medida más confiable de la función muscular, ya que se ha demostrado que para prevenir resultados adversos es mejor tener fuerza muscular que más masa muscular (47–49). Por lo tanto, la definición más reconocida actualmente es la propuesta por EWGSOP2: “Síndrome propiamente caracterizado por el descenso/pérdida progresiva y generalizada de masa muscular esquelética, fuerza y función que conduce a eventos adversos” (12).

Existen otros ámbitos de investigación que han definido la sarcopenia. A parte del Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP) (45) y su versión revisada

(12), también tienen su propia definición de sarcopenia el Grupo de Trabajo Internacional sobre Sarcopenia (IWGS) (50), el proyecto de sarcopenia de la Fundación para los Institutos Nacionales de Salud (FNIH) (51), y el Grupo de Trabajo Asiático para la Sarcopenia (AWGS) (52). Todas ellas han expuesto su propia definición, pero hasta el momento no existe una definición única aceptada a nivel mundial. Para abordar este problema, se lanzó una Iniciativa de Liderazgo Global sobre Sarcopenia, con la finalidad de producir una definición inclusiva de sarcopenia que pueda ser ampliamente aceptada. Esta iniciativa fue liderada por todos los grupos de consenso actuales que han propuesto la última ola de definiciones: la Sociedad Australiana y de Nueva Zelanda para la Investigación de la Sarcopenia y la Fragilidad, el Consorcio estadounidense de definiciones y resultados de la sarcopenia SDOC, AWGS y EWGSOP (42).

Actualmente, la sarcopenia se reconoce formalmente como una enfermedad muscular cuyo código es ICD-10-MC (53). Se trata de una afectación con muchas causas variables. Si bien se observa principalmente en AM, también puede desarrollarse en adultos jóvenes (cáncer, osteoporosis, etc.). Se sabe que la pérdida de masa muscular fisiológica comienza a partir de los 40 años (12,28). Se estima que a partir de los 50 años se produce una pérdida entre el 1-2% de masa muscular por año y entre el 1,5-5% de pérdida de fuerza muscular (54). A partir de los 60, la pérdida se hace más evidente (55).

En función de las causas que lo provocan se puede establecer como:

- **Sarcopenia primaria:** cuando no hay otra causa evidente que el envejecimiento en sí, por lo que la causa única es la edad.
- **Sarcopenia secundaria:** cuando la etiología de la sarcopenia es multifactorial, por lo que puede que no sea posible caracterizar a cada individuo y encontrar las causas exactas. Cuando va asociado a una o más causas evidentes además del envejecimiento se define como sarcopenia secundaria. Puede aparecer a una edad más temprana asociado a alguna enfermedad como el cáncer o toma de medicamento subyacente (45).

## 2.5 Diagnóstico de sarcopenia

A pesar de la gravedad de esta enfermedad, aún no se ha establecido un único criterio diagnóstico. La identificación temprana y el diagnóstico adecuado de la sarcopenia son importantes por todos los problemas asociados que puede conllevar. El diagnóstico correcto de sarcopenia todavía es una tarea pendiente. La falta de homogeneidad de las poblaciones, la ausencia de biomarcadores confirmados y los diferentes entornos de investigación con diferentes criterios diagnósticos dificultan este proceso.

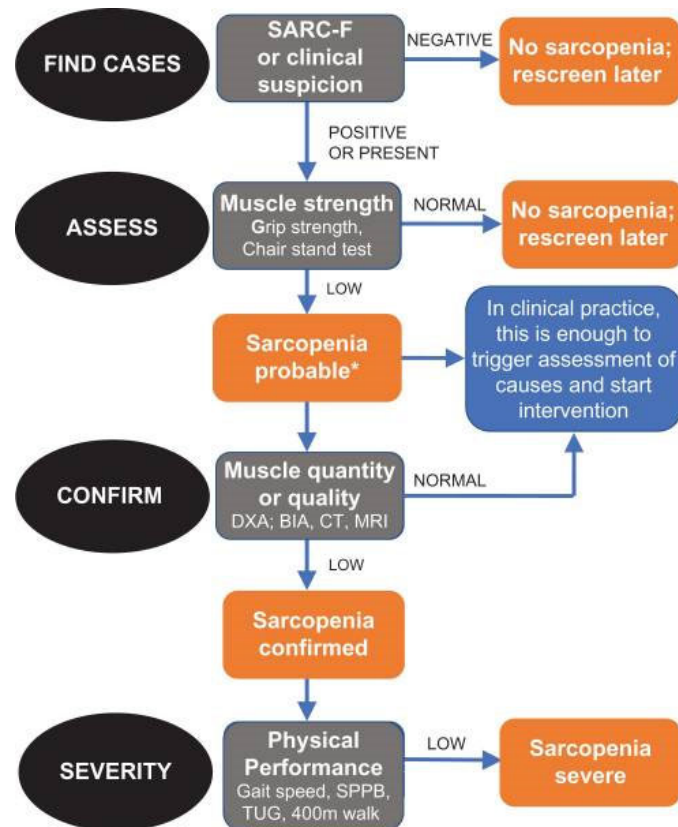
En los últimos años, varios grupos internacionales han publicado criterios diagnósticos para la sarcopenia (12,45,50–52). Todos ellos utilizan prácticamente las mismas herramientas y tests pero con diferentes puntos de corte (ANEXO 1.) (56). Hoy en día, se dispone de una amplia variedad de pruebas y herramientas para la caracterización de la sarcopenia en la práctica y en la investigación. La selección de herramientas puede depender del paciente (discapacidad, movilidad), del acceso a los recursos técnicos en el entorno de prueba de atención médica (comunidad, clínica, hospital o centro de investigación) o del propósito de la prueba (seguimiento de la progresión o seguimiento de la rehabilitación y recuperación) (57). Se piensa que los criterios deben incluir baja masa muscular y/o fuerza muscular, además de baja función física medidas mediante herramientas válidas, rentables y repetibles (58). Hasta el momento no se ha podido introducir la calidad muscular como uso diagnóstico de la sarcopenia, descrita por los aspectos micro y macroscópicos de la arquitectura y composición muscular, debido a las limitaciones tecnológicas actuales (59–61),

Existen diferentes criterios debido a que también las composiciones antropométricas de la población mundial son distintas. Por ejemplo, la aplicación de criterios de diagnóstico occidentales en personas asiáticas puede no ser adecuada, ya que los asiáticos son generalmente más pequeños, tienen más tejido adiposo y un estilo de vida más activo físicamente, lo que puede llegar a confundir en la detección de personas con sarcopenia (62).

En el presente trabajo se seguirán los criterios propuestos por el EWGSOP2 (FIGURA 3.), ya que dichas recomendaciones se centran en poblaciones europeas y han sido los criterios utilizados para el diagnóstico de presarcopenia y sarcopenia. Para facilitar la detección, diagnóstico y gravedad de la sarcopenia el EWGSOP2 actualizó su algoritmo. Se trató de que

fuera práctico y lógico con la nueva definición recomendando una ruta “Buscar casos-Evaluar-Confirmar-Gravedad (FACS)” para su uso en estudios de investigación y prácticas clínicas (12).

**FIGURA 3.** Algoritmo de diagnóstico de sarcopenia según el EWGSOP2 (12).



### 2.5.1 Algoritmo diagnóstico EWGSOP2

El descubrimiento de los casos de sarcopenia, así como su severidad, viene marcada por una serie de pruebas con sus puntos de corte (TABLA 2.) que siguen el siguiente algoritmo:

**1º Encontrar los casos:** en la práctica clínica la búsqueda de casos puede comenzar cuando un paciente informa síntomas, o signos como caídas, sensación de debilidad, velocidad lenta al caminar, pérdida de peso, entre otros motivos. En estos casos, se recomienda realizar más pruebas para detectar sarcopenia (63).

Se recomienda en primer lugar el uso de cuestionario SARC-F, ya que detecta de forma rápida y sencilla en un primer “*screening*” la posibilidad de sufrirlo. Los resultados reflejan las percepciones de los problemas físicos que son importantes para el paciente (64). También se

recomienda el uso de la herramienta *ISHII*, que incluye las variables de la edad, la fuerza de agarre y la circunferencia de la pantorrilla (65).

**2º Diagnóstico de sarcopenia probable o presarcopenia:** si existe una sospecha clínica o se ha obtenido más de un 4 en SARC-F, a la persona se le debe de medir las variables que miden la fuerza muscular de los miembros superiores e inferiores. En función de los valores habría que continuar con la valoración o se descarta sarcopenia. Los test a realizar son:

- Fuerza de presión manual (en inglés, hand grip, HG): valores menores de 27 kg en hombres y menores de 16 kg en mujeres se toman como positivos (66).
- Test de las 5 sentadillas (en inglés, five times sit to stand test, 5STS): valores mayores a 15 segundos en ambos sexos se toman como positivos (67).

**3º Diagnóstico de sarcopenia confirmada:** una vez comprobamos que la fuerza muscular es deficiente, hay que comprobar si la cantidad de masa muscular también es insuficiente. La cantidad o masa muscular se puede estimar mediante una variedad de técnicas (absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) o análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), y los resultados se pueden ajustar por altura o índice de masa corporal (IMC) (68,69). Para poder ajustar estos resultados, se recomienda utilizar como referencia la masa muscular apendicular (en inglés, appendicular skeletal muscle mass, ASM), que es la cantidad de músculo que hay en las extremidades (12). La ASM se puede ajustar de diferentes maneras, normalmente se suele ajustar por la altura ( $ASM/Altura^2$ ) (70). Sus valores de referencia para diagnosticar sarcopenia son valores inferiores a  $5,5 \text{ kg/m}^2$  en mujeres y menores de  $7 \text{ kg/m}^2$  en hombres (71). También se puede ajustar por el IMC o por el peso. La cantidad de músculo también se puede expresar en cantidad de masa muscular corporal total o el área de sección transversal de grupos de músculos específicos o ubicaciones del cuerpo (tercera vértebra lumbar o sección transversal de la mitad del muslo) (72,73).

**4º Sarcopenia severa:** si se ha valorado la fuerza y la masa muscular y los resultados son positivos, se debe comprobar el rendimiento y el desempeño físico. Para comprobar la severidad, no solo se probará la función de los músculos sino también a la función nerviosa. Los test incluidos en esta parte son la velocidad de la marcha (GS), la prueba Timed-Up & Go (TUG), la batería de rendimiento físico breve (SPPB), y la prueba de marcha de 400m, entre otras

pruebas, son las mejores para medir el rendimiento físico en la mayoría de entornos clínicos.

Los puntos de corte propuestos de cada prueba son:

- a. GS: en el test de los 4 metros se toma como positivo si sale un valor de velocidad inferior a 0,8 m/s (45,71).
- b. SPPB: puntuaciones inferiores o iguales a 8 puntos se consideran positivas (74,75).
- c. TUG: tiempos superiores a 20 segundos se toman como positivo (75).
- d. Prueba de los 400 metros: tiempos superiores a 6 minutos o la no finalización del test se considera positivo (76).

**TABLA 2.** Puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia según criterios del EWGSOP2.

GRADO	TEST	MUJERES	HOMBRES
<b>DETECCIÓN DE CASOS</b>	Sospecha clínica	Informa síntomas, o signos como caídas, debilidad, velocidad lenta al caminar	
	SARC-F	≥4	
<b>SARCOPENIA PROBABLE</b>	5STS	>15s.	
	HG	<16Kg	<27Kg
<b>SARCOPENIA CONFIRMADA</b>	ASM/altura <sup>2</sup>	<5,5 kg/m <sup>2</sup>	<7,0 kg/m <sup>2</sup>
<b>SARCOPENIA SEVERA</b>	GS	≤0,8 m/s	
	SPPB	Puntuación de ≤8 puntos	
	TUG	≥20 s	
	400 m	Falta de finalización o ≥6 min para completar	

## 2.6 Prevalencia de sarcopenia

La prevalencia de la sarcopenia está aumentando como resultado del envejecimiento de la población en todo el mundo (77). Sin embargo, la estimación de la prevalencia de la sarcopenia sigue siendo una tarea pendiente.

Existen dos principales revisiones sistemáticas y metanálisis donde se obtienen los datos más actualizados (después del 2010) de prevalencia de sarcopenia a nivel mundial (TABLA 3.) (78,79). La prevalencia combinada de todas las definiciones fue de alrededor del 10 % (7 %-12



%, n= 80.836) en Nascimento PR et al. (79) y 16 % (15 %–17 %, n= 274.004) en Petermann-Rocha F et al. (78).

**TABLA 3.** Prevalencia de sarcopenia según definiciones después de 2010 (80).

	Datos de Nascimento PR			Datos de Petermann-Rocha F		
	Nº	N	p (%)	Nº	N	p (%)
<b>EWGSOP</b>	31	36,811	11 (7-14)	48	200,590	22 (20-25)
<b>EWGSOP2</b>	4	6624	5 (1-10)	3	5720	10 (2-17)
<b>AWGS</b>	13	17,070	8 (3-15)	46	27,940	15 (13-17)
<b>IWGS</b>	5	6993	17 (11 – 23)	12	11,890	14 (9-18)
<b>FNIH</b>	5	13,338	15 (5-28)	20	27,864	11 (9-14)
<b>ALL ABOVE</b>	58	80,835	10 (7-12)	129	274,004	16 (15-17)

Nº: número de estudios; N: muestra; p: prevalencia.

La síntesis narrativa del estudio de Petermann-Rocha F et al. destacó que la prevalencia general de sarcopenia osciló entre 0,2% y 86,5% según la clasificación utilizada (0,3-91,2% en mujeres y 0,4-87,7% en hombres). Utilizando diferentes clasificaciones y puntos de corte, la prevalencia de sarcopenia varió entre el 10 % y el 27 % en AM de 60 años. La prevalencia más alta y baja se observó en Oceanía y Europa utilizando los criterios EWGSOP y EWGSOP2 respectivamente. Los criterios diagnósticos más utilizados fueron EWGSOP (rango de prevalencia: 0,4–57,4 %) y AWGS (rango de prevalencia: 0,3–53,0 %) (78).

Los hombres mayores de 80 años se estima que tienen una mayor reducción relativa de la masa muscular (50%) frente al 43,8% de las mujeres del mismo grupo de edad (81,82). Por el contrario, otros estudios arrojaron altas tasas de sarcopenia entre mujeres menores de 80 años (83). Los cambios hormonales que favorecen la disminución de la masa muscular se producen más lentamente en los hombres que en las mujeres. Después de la transición a la menopausia, las concentraciones de esteroides sexuales disminuyen drásticamente (84). En los hombres, la disminución de los esteroides sexuales es mucho más lenta que en las mujeres. Esta disminución tardía puede ser un factor importante para explicar la prevalencia mayor de sarcopenia entre las mujeres de entre 60 y 70 años. Después de la octava década de la vida,

las concentraciones de testosterona en los hombres disminuyen rápidamente, lo que puede contribuir a la disminución de la masa corporal magra y al aumento de la sarcopenia (85).

A pesar de ello, todavía no se conoce con certeza si la prevalencia es mayor en un género u otro, si nos guiamos por todos los criterios diagnósticos. Por un lado, se dice que la prevalencia fue similar en hombres y mujeres siguiendo los criterios de EWGSOP, AWGS y FNIH. Cuando se utilizó la clasificación el EWGSOP2, la prevalencia de sarcopenia fue mayor en los hombres que en las mujeres (11,0 % frente al 2 %) y la masa muscular (35 % frente al 27 %), mientras que cuando las mujeres fueron clasificadas mediante el IWGS, tuvieron una mayor prevalencia de sarcopenia que los hombres (17 % frente al 12 %) (78).

En relación a la clasificación de las necesidades en los AM existen diferencias significativas (86,87). La prevalencia de sarcopenia en personas que viven en la comunidad es del 11 % en hombres y del 9 % en mujeres. En las personas institucionalizadas, es decir, aquellas que están en centros sociosanitarios se estiman el mayor valor de prevalencia de sarcopenia (51 % en hombres y un 31 % en mujeres). En personas hospitalizadas fue ligeramente inferior (23 % en hombres y 24% en mujeres) (82).

En cuanto a la sarcopenia severa, la prevalencia osciló entre el 2% y el 9% en función de la clasificación utilizada. Las mujeres informaron una mayor prevalencia en comparación con los hombres utilizando el EWGSOP y la masa muscular, mientras que, utilizando el AWGS y el EWGSOP2, la prevalencia fue similar (78).

## 2.7 Factores asociados a la sarcopenia

Incluso si son condiciones distintas, con la sarcopenia generalmente precediendo a la fragilidad, ambos procesos comparten raíces etiológicas comunes. Observado estas etiologías comunes se obtiene:

**Factores sociodemográficos:** el principal factor fue la edad, debido a que con el aumento de años, las fibras musculares tipo II se van perdiendo y experimentan fibrosis o infiltración grasa (28,88). Además, se sufre lo que se denomina la resistencia anabólica. Las personas mayores tienen un “umbral anabólico” más alto y necesitan aumentar la disponibilidad de nutrientes para extender la latencia de la estimulación por señales anabólicas y/o ejercicio físico (89).

Se ha observado que tener un nivel educacional alto es un factor protector, debido a tener un estilo de vida más saludable, mejor dieta y tiempo libre para realización de actividad física (90). También el peso a priori es un factor protector, aquellos adultos con menor peso e IMC tienen mayor riesgo de sufrir sarcopenia porque tiene una ingesta insuficiente de proteínas y mayor posibilidad de sufrir desnutrición (91). En cuanto al género existen discrepancias, en función de los estudios y criterios de selección, ya que los resultados de prevalencia entre hombres y mujeres son similares (92).

**Factores asociados al comportamiento:** tener malos hábitos como fumar puede llevar a trastornos del catabolismo de las proteínas (93). Además, la exposición a etanol debido al consumo de alcohol en el tejido muscular favorece la autofagia y afecta a la síntesis de proteínas (94). Los niveles de sueño inapropiados pueden llevar a una desregulación de la función metabólica, y una reducción de la masa muscular y función física, por lo que dormir demasiado especialmente o muy poco tiempo puede aumentar el riesgo (95). Además, vivir solo también se relacionó con el riesgo de sufrir sarcopenia (96).

A medida que la edad avanza, el tiempo dedicado a la actividad física descende. La actividad física es útil para la recuperación de la función metabólica mitocondrial y la reducción de la expresión de genes catabólicos, lo que aumenta la síntesis de proteína muscular (97).

La desnutrición desempeña un papel en la fragilidad y en la sarcopenia; las personas mayores con frecuencia corren un alto riesgo de ingestión insuficiente de proteínas (98). La cantidad total de proteínas en la dieta modula la síntesis de proteínas y el anabolismo de la masa muscular, y se ha llegado a estimar que las personas mayores pueden precisar hasta 2 g/kg/día para mantener la salud muscular, aunque se suele recomendar una ingesta mínima de entre 1,2 y 1,5 g/Kg/día (99). Además, tener la microbiota intestinal en perfecto estado puede ser importante a la hora de prevenir la sarcopenia, ya que se ha demostrado que la alteración de la microbiota intestinal a través del agotamiento de bacterias puede afectar directamente a los fenotipos musculares (100).

**Factores asociados a la enfermedad:** en pacientes con diabetes, cardiópatas y con deterioro cognitivo, se tiene mayor riesgo sufrir sarcopenia por los niveles altos de moléculas proinflamatorias (aumentos de factor de necrosis tumoral alfa (TNF $\alpha$ ), interleucina-6 (IL-6), etc.)

y cambios en las vías hormonales que median en los procesos que parecen influir en los procesos de sarcopenia (101,102). Además, también se encuentran alterados la adiponectina, la hidroxivitamina D y la velocidad de onda del pulso cardíaco entre pacientes sarcopénicos y no sarcopénicos (103–106).

Los pacientes con osteoporosis y osteoartritis tiene una actividad física baja lo que lleva a un mayor riesgo (91). Las enfermedades respiratorias reducen la intolerancia al ejercicio debido al intercambio de gases limitado y la función ventilatoria afectada (107). Se ha demostrado el desarrollo de la depresión, diabetes y las caídas pueden predecir el desarrollo de la sarcopenia (108–110).

Enfermedades como el accidente cerebrovascular, la hiperlipidemia, el cáncer, el dolor, la anemia o la enfermedad hepática no se asociaron con el riesgo de sufrir sarcopenia (96).

### **2.7.1 Sarcopenia y mujer**

En las mujeres, una condición no patológica que ocurre a medida que se envejece y que implica el cese permanente de la menstruación como resultado de la deficiencia de estrógenos es la menopausia (111). La pérdida de la función y la masa del tejido muscular puede ser causada por una disminución gradual de la concentración circulante de estrógenos y andrógenos (112). Durante el envejecimiento y posterior a la menopausia, se produce una degeneración muscular progresiva que puede conducir a la sarcopenia (113).

Uno de los principales motivos por los que es más común la sarcopenia en edades de entre los 65 y 80 años de edad es por la bajada de hormonas principalmente de los estrógenos, pero también de la progesterona y la testosterona (83). Hay que diferenciar que existen cuatro tipos diferentes de estrógenos: estrona (E1), estradiol (E2), estriol (E3) y estetrol (E4) (111). El estrógeno que está directamente involucrado en el metabolismo muscular es el E2, ya que se une a los receptores de estrógeno expresados en el músculo. El E2 es capaz de alterar indirectamente la secreción de la hormona de crecimiento (GH) y el factor de crecimiento insulínico 1 (IGF-1) (114).

Además, la disminución de la concentración de estrógenos se asocia con un aumento de citocinas proinflamatorias (TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-1 $\beta$ , etc.), que inducen con mayor potencia a la

aparición de la sarcopenia tras la menopausia (115). La progesterona es la otra hormona sexual femenina cuya función es regular la menstruación y apoyar el embarazo. La disminución de la progesterona por el envejecimiento también conduce a la pérdida de la función muscular y a la pérdida de masa muscular, Sin embargo, las características contráctiles del músculo esquelético no se ven afectadas por las fluctuaciones en los niveles de progesterona (116).

La testosterona también juega un papel crucial en el mantenimiento y crecimiento de los músculos tanto en hombres como en mujeres (117). Existe una relación positiva entre la masa muscular y grasa, y los niveles de testosterona en las mujeres (118), cuyos niveles de testosterona están disminuidos y esta disminución se acentúa tras la menopausia (119). Por lo tanto, parece ser que ser una mujer posmenopáusicas se asocia con un mayor riesgo de desarrollar sarcopenia, y dichos cambios parecen deberse a cambios hormonales y principalmente a la disminución estrogénica (111).

## 2.8 Consecuencias de la sarcopenia

La principal consecuencia de sufrir sarcopenia es la pérdida de fuerza y masa muscular lo que conlleva a la pérdida de la función muscular. La sarcopenia tiene importantes implicaciones fisiopatológicas que afectan a una gran variedad de órganos y sistemas.

El músculo esquelético es el órgano más grande del cuerpo, no es solo un componente de nuestro sistema locomotor, sino que la evidencia reciente lo ha identificado como un órgano secretor con efectos autocrinos, paracrinos o endocrinos (120). Dicho déficit muscular no solo va a tener consecuencias a nivel funcional y estructural, sino también a nivel metabólico, por lo que podemos dividir las consecuencias en estos tres niveles:

1. **Consecuencias funcionales:** las principales consecuencias clínicas de la sarcopenia tienen relación con la independencia funcional. Sufrir sarcopenia tiene una gran afectación a la calidad de vida de los AM en comparación con AM no sarcopénicos (121). La reducción de la capacidad física y el deterioro funcional causados por trastornos musculoesqueléticos como la sarcopenia pueden resultar en niveles más altos de dependencia y discapacidad, lo que afecta al desarrollo de las actividades diarias y la calidad de vida (122).

La pérdida de función muscular se ha asociado con la disminución de la fuerza extensora de las extremidades inferiores y GS, lo que aumenta la probabilidad de sufrir consecuencias adversas

como caídas, fracturas, pérdida de movilidad, discapacidad física y la necesidad de ser institucionalizado (12).

A su vez, se ha observado que los tiempos de hospitalización son más prolongados, con mayor número de intervenciones quirúrgicas y mayores complicaciones postoperatorias generales y graves en los pacientes con sarcopenia (80). También se ha observado que la sarcopenia aumenta la probabilidad de sufrir deterioro cognitivo y depresión (123). Además de una mayor morbilidad, se ha demostrado que la sarcopenia también se asocia con una mayor mortalidad, debido en parte a todos los factores asociados que lleva implícitos (124).

2. **Consecuencias metabólicas:** Los músculos segregan unas sustancias conocidas como mioquinas, cuyo efecto de muchas de ellas dependen de la contracción muscular. Son capaces de regular el peso corporal, la inflamación de bajo grado, la sensibilidad a la insulina, la supresión del crecimiento tumoral y la mejora de la función cognitiva (125).

Una de las consecuencias más importantes puede ser la aceleración de la aparición del síndrome metabólico. Se cree que la inflamación persistente, el depósito de grasa y la resistencia a la insulina desempeñan un papel complejo en la asociación entre el síndrome metabólico y la sarcopenia (126). Al disminuir la masa muscular, disminuye el metabolismo basal, pudiendo contribuir a un mayor riesgo de acumulación de grasa corporal y obesidad, componentes clave del síndrome metabólico (98).

La masa muscular es un importante depósito de glucosa en el cuerpo. Cuando se produce la pérdida de músculo, disminuye la capacidad del cuerpo para absorber y utilizar la glucosa de manera eficiente. Esto puede resultar en un control glucémico deficiente en personas con diabetes, lo que aumenta la resistencia a la insulina y el riesgo de sufrir hiperglucemia (127). Todo esto provoca que los pacientes con sarcopenia puedan tener un mayor riesgo de sufrir algún evento adverso cardiovascular.

Se ha demostrado que puede afectar a los procesos de regulación de la tensión arterial y a la flexibilidad de las arterias, ya que se ha observado que la masa muscular influye en la elasticidad de las arterias pudiendo generar mayor rigidez arterial, lo que podría aumentar el riesgo de sufrir HTA (128). Dicho aumento de la tensión puede afectar a otros sistemas como el renal,

reduciendo la capacidad del filtrado glomerular y el aumento de la probabilidad de sufrir una enfermedad renal crónica (129).

Existe una relación con la insuficiencia cardíaca, ya que la atrofia muscular y la miopatía dan como resultado una eyección miocárdica reducida. Al mismo tiempo comparten mecanismos biológicos subyacentes similares en la enfermedad arterial coronaria, y es importante ya que la masa muscular esquelética baja en pacientes mayores con enfermedad aterosclerótica se asocia con una mayor mortalidad cardiovascular, eventos cardiovasculares adversos mayores, infarto de miocardio y baja capacidad de ejercicio (130).

En cuanto a las consecuencias en el sistema hepático también puede tener efectos indirectos. Sufrir sarcopenia podría afectar a la capacidad del hígado de metabolizar y eliminar medicamentos de manera eficiente lo que podría aumentar el riesgo de sufrir efectos secundarios (131). Además el hígado es responsable de la síntesis de proteínas, algunas esenciales para la función inmunológica y de coagulación, lo que puede afectar al correcto funcionamiento del sistema inmunológico (132). Por último, debido a factores de riesgo compartidos como la inflamación sistémica, deficiencias nutricionales, inactividad física y la resistencia a la insulina que ocurre, la sarcopenia podría aumentar la susceptibilidad a desarrollar la enfermedad del hígado graso no alcohólico (133).

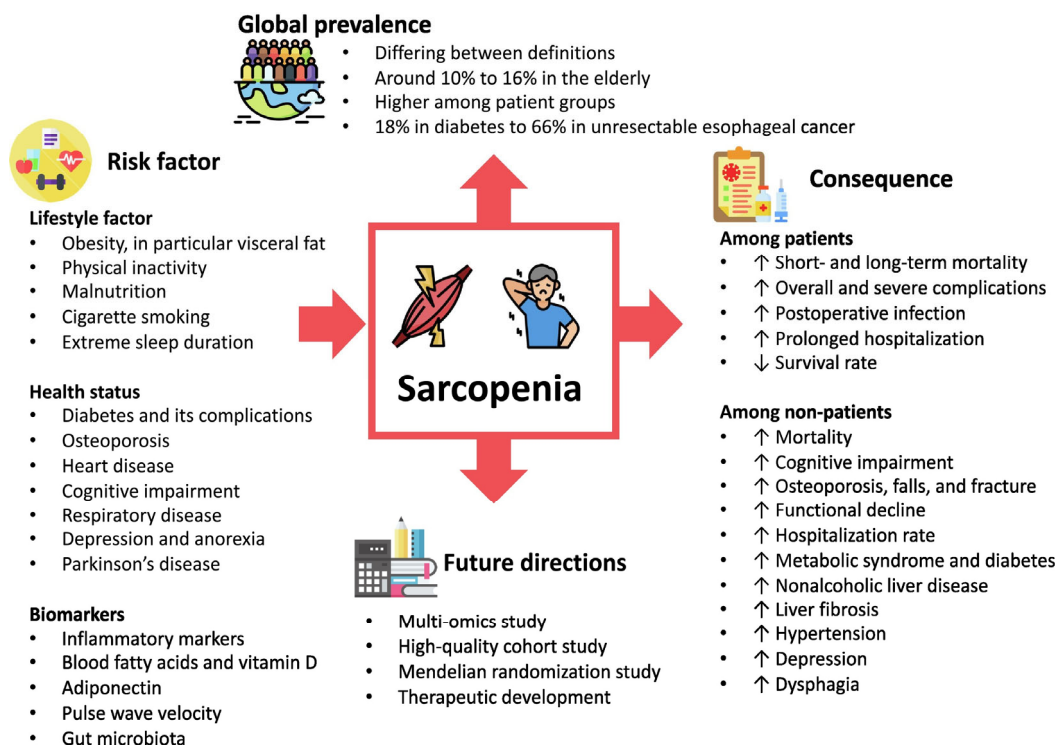
3. **Consecuencias estructurales musculoesqueléticas:** el sistema musculoesquelético consta de tres tipos principales de miofibras: Las tipo I (lentas oxidativas y resistentes a la fatiga en actividad prolongada de baja intensidad), las tipo IIa (rápidas oxidativas y relativamente resistentes a la fatiga), y las tipo IIb o IIx (rápidas, funcionales en movimientos rápidos y de alta intensidad, y son susceptibles a la fatiga) (134).

Existen unas células conocidas como las células satélite que son las células madre somáticas del músculo esquelético responsables de la reparación y regeneración muscular (miogénesis) (135). Las alteraciones en la homeostasis muscular y la degeneración neuronal junto con el envejecimiento conducen a la senescencia de las células satélite, la pérdida preferencial de fibras de tipo II (hipoplasia) y la pérdida de unidades motoras funcionales, asociadas colectivamente con la atrofia muscular y la disminución de la capacidad de fuerza contráctil, y adicionalmente, el número de mitocondrias lo que lleva a la debilidad muscular. y lentitud (136,137).

La disminución de la masa muscular y la fuerza puede afectar la carga mecánica sobre los huesos, lo que puede contribuir a la pérdida de densidad ósea y aumentar el riesgo de fracturas (138). También ocurre el proceso conocido como miosteatosi, que se refiere a la deposición de grasa ectópica en los músculos esqueléticos que se observa con frecuencia en pacientes con enfermedad cardiometabólica y se asocia con fragilidad y deterioro de la movilidad y función muscular (139). Con el envejecimiento, la composición corporal de los músculos, los huesos y la grasa se modifica. Se produce una disminución progresiva de la masa muscular y ósea y un aumento de la grasa corporal total, la adiposidad visceral y la infiltración grasa del músculo esquelético, el hígado y la médula ósea (140).

Tras exponer los factores de riesgo y las consecuencias de sufrir sarcopenia (FIGURA 4.), se pone de manifiesto la complejidad de esta enfermedad y lo difícil que es encontrar soluciones efectivas que afectan a los diferentes sistemas.

**FIGURA 4.** Resumen de los factores asociados y consecuencias de la sarcopenia (80).





## 2.9 Tratamiento de la sarcopenia

El tratamiento de la sarcopenia sigue siendo un tema pendiente entre la comunidad científica.

Se puede dividir en tratamiento farmacológico y no farmacológico.

### 2.9.1 Intervenciones no farmacológicas

Son las más adecuadas y eficaces para la sarcopenia (141). Se ha demostrado que diferentes tipos de ejercicio tienen un efecto positivo en el aumento de la masa muscular (142). La actividad física, con un enfoque progresivo basado en resistencia (fuerza), ha sido respaldado como terapia de primera línea con fuerte grado de recomendación y evidencia moderada para controlar la sarcopenia (143). Se ha demostrado que favorece la hipertrofia muscular, el aumento de fuerza y la mejora el rendimiento físico (144,145).

La nutrición especialmente el aporte adecuado de proteínas, es otro importante tratamiento para el control de la sarcopenia, a pesar de que el grado de recomendación y evidencia de la intervención nutricional es inconsistente (28). Además de la ingesta de proteínas, también se debe abordar los patrones dietéticos completos, es decir, es importante también llevar un control de la hidratación, las grasas saludables como el Omega-3, la ingesta de nutrientes como la VitD, el calcio, el potasio, así como la calidad de las calorías consumidas (evitar alimentos ultraprocesados). Se debe tener en cuenta el impacto que puede provocar los medicamentos en la ingesta nutricional (141).

Existen también intervenciones conjuntas como el propuesto por el *Proyecto SPRINTT*. Es un estudio multicéntrico a nivel mundial que sugiere que el tratamiento conjunto de ejercicio (multicomponente) y nutrición en los AM puede ser efectivo en el tratamiento de sarcopenia (146). Tras la intervención de 36 meses, se concluyó que una intervención multicomponente basada en actividad física con apoyo tecnológico y consejos nutricionales se asoció con una reducción en la incidencia de discapacidad de movilidad en AM con fragilidad física y sarcopenia (147).

## 2.9.2 Tratamiento farmacológico

El progreso en el desarrollo de tratamientos farmacológicos efectivos ha sido lento (148). Hasta la fecha, no existen intervenciones farmacológicas aprobadas para el tratamiento de la sarcopenia (28). La evidencia disponible proporciona una certeza muy baja para recomendar un régimen específico de suplementos de Vitamina D, a pesar de que comúnmente se asocia con atrofia muscular (149,150). A pesar de los posibles riesgos secundarios cardiovasculares de la toma de testosterona, se ha demostrado también su efectividad en el aumento de la masa muscular en hombres con niveles bajos de testosterona, aunque con un nivel de evidencia muy bajo (151). En mujeres, se demostró una mejora en la masa magra, pero no en la fuerza o función tras la toma de un modulador selectivo del receptor de andrógenos (152), por lo que por el momento, no se recomienda la suplementación con hormonas anabólicas para AM con sarcopenia debido a la insuficiente evidencia (141).

En los ensayos farmacoterapéuticos en curso se están evaluando la hormona del crecimiento, los esteroides anabólicos o androgénicos, los moduladores selectivos de los receptores androgénicos, los agentes anabólicos proteicos, los estimulantes del apetito, los inhibidores de la miostatina, los fármacos activadores del receptor II, los bloqueadores de los receptores  $\beta$ , los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y los activadores de la troponina, ya que son recomendados y han demostrado tener una eficacia variable (62). A pesar de ello, existe controversia entre los diferentes grupos sobre si se deben de recomendar o no. Lo que está claro es que las intervenciones farmacológicas no deberían ser la primera terapia para el tratamiento de la sarcopenia (141).

En definitiva, para la prevención de la sarcopenia lo recomendado es el tratamiento conjunto que incluya actividad física con prescripción a programas que fomenten el entrenamiento de resistencia, control nutricional con el suficiente consumo de proteínas y educación sanitaria para tener buenos estilos de vida y control sobre las enfermedades no transmisibles (42).

## 2.10 Actividad física y ejercicio físico

La actividad física regular es un factor de protección bien conocido para la prevención y el tratamiento de las principales enfermedades no transmisibles (153). No se debe confundir con la definición de ejercicio físico, ya que son dos conceptos diferentes.

La actividad física se define como cualquier movimiento del cuerpo producido por los músculos esqueléticos que conlleva un gasto energético por encima del nivel de reposo, incluyendo actividades cotidianas como caminar, subir escaleras, trabajar en el jardín, realizar tareas domésticas, así como actividades deportivas y de ocio (154).

El término actividad física engloba el concepto de ejercicio físico. Se trata de una subcategoría de la actividad física planificada que corresponde a un movimiento corporal planificado, estructurado, repetitivo y realizado con un objetivo relacionado con la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud (155).

### 2.10.1 Cuantificación del gasto energético (MET)

Para cuantificar el gasto energético al realizar actividad física se usan los METs ("Equivalentes Metabólicos"). La OMS la define como "una medida de la tasa metabólica en reposo que se utiliza para categorizar la intensidad de la actividad física" (156). El valor de un MET (1 Kcal / kg /min.) es aproximadamente igual a 3.5 ml de oxígeno consumidos por kilogramo de peso corporal por minuto. La relación por metro cuadrado de piel permite una aproximación mayor a la media, puesto que las personas de mayor tamaño tienen un mayor metabolismo basal (157). De esta forma, se puede hacer una estimación y cuantificación de la intensidad de la actividad física que se realiza y comprobar si se llega a los mínimos requeridos recomendados en la última actualización de la OMS.

Se consideran actividades de actividad física leve aquellas que no superan los 3 METs, como por ejemplo estar de pie (1,4 METs), lavar los platos (2,1 METs), vestirse (2,7 METs), paso suave <3,5 km/h (2,9 METs). Entre los 3 y 6 METs, se considera que la actividad física es moderada y se considerarían actividades como limpiar cristales (3,3 METs), limpiar el polvo o pasear rápido (4 METs), bajar escaleras o nadar suave (5,8 METs). A partir de los 6 METs se

estima que las actividades físicas son vigorosas como podría ser montar a caballo (7 METs), hacer patinaje (9 METs), subir escaleras (13 METs) o carrera intensa (12-16 METs).

## **2.10.2 Recomendaciones de actividad física según la OMS**

Según las últimas recomendaciones de la OMS del año 2020 la actividad física para los AM de 65 años tiene que incluir (158):

- Al menos 150 a 300 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada.
- Al menos 75 a 150 minutos de actividad física aeróbica de intensidad vigorosa; o una combinación equivalente de actividad de intensidad moderada y vigorosa durante toda la semana.
- Fortalecimiento muscular de intensidad moderada o mayor que involucren a todos los grupos musculares principales 2 o más días a la semana.
- Actividad física variada y multicomponente que enfatice el equilibrio funcional y el entrenamiento de fuerza a intensidad moderada o mayor, 3 o más días a la semana, para mejorar la capacidad funcional y prevenir caídas.
- Se puede aumentar la actividad física aeróbica de intensidad moderada a más de 300 minutos; o hacer más de 150 minutos de actividad física aeróbica de intensidad vigorosa; o una combinación equivalente de actividad de intensidad moderada y vigorosa durante la semana para obtener beneficios adicionales para la salud.
- Se debe limitar la cantidad de tiempo que pasa siendo sedentario y reemplazarlo con actividad física de cualquier intensidad.
- Se deben tratar de hacer más de los niveles recomendados de actividad física de intensidad moderada a vigorosa, para ayudar a reducir los efectos perjudiciales de los altos niveles de comportamiento sedentario en la salud, todos los adultos y los AM deben tratar de hacer más de los niveles recomendados de actividad física de intensidad moderada a vigorosa.

### 2.10.3 Asociación de Escala Borg y MET

En los AM la promoción de la actividad física y la participación en programas de ejercicio físico es importantísimo para el mantenimiento de la condición física. Cuantificar la cantidad de actividad física y conocer si la intensidad es suficiente a menudo se hace difícil para este grupo poblacional. Una manera sencilla para saber que intensidad de actividad física están realizando es medirlo mediante la escala de esfuerzo percibida de Borg de 0 a 10 (159). Fue desarrollada por el investigador sueco Gunnar Borg en la década de 1960. La escala original estaba compuesta de 15 valores numéricos del 6 al 20, cada uno de los cuales estaba asociado con una descripción verbal del esfuerzo percibido (160). Desde entonces, se han desarrollado varias variantes de la escala, y el propio Borg decidió simplificarla y reducirla a 10, siendo 0 el reposo total y 10 el esfuerzo máximo (FIGURA 5.) (161).

**FIGURA 5.** Escala original y modificada de Borg de percepción del esfuerzo.

Escala original		Escala modificada	
6	Sin esfuerzo	0	Nulo
7	Extremadamente ligero	0,5	Apenas perceptible
8		1	Muy ligero
9	Muy ligero	2	Ligero
10		3	Moderado
11	Ligero	4	Algo pesado
12		5	Pesado (duro)
13	Algo duro	6	
14		7	Muy duro
15	Duro (pesado)	8	
16		9	
17	Muy pesado	10	Extremadamente duro
18			*máximo
19	Extremadamente duro		
20	Máximo ejercicio		

De esta manera, los esfuerzos percibidos de 0 a 3 se corresponden con la actividad física leve, entre 4 y 6 la actividad física moderada y a partir de 7 actividad física vigorosa. De esta forma, las personas pueden seguir las pautas y escoger la actividad física adecuada para cumplir los requerimientos semanales.

## 2.11 Ejercicio físico

Como ya se ha definido, el ejercicio es una actividad física planificada, estructurada y repetitiva y tiene como objetivo mejorar o mantener la condición física (155). La evidencia ha demostrado ampliamente los beneficios potenciales de realizar ejercicio físico regularmente. De hecho, se ha comprobado que prescribir ejercicio para 26 enfermedades no transmisibles puede ser beneficioso (162). Dichas enfermedades en muchas ocasiones la sufren los AM y son las siguientes:

- Enfermedades psiquiátricas (depresión, ansiedad, estrés, esquizofrenia).
- Enfermedades neurológicas (demencia, enfermedad de Parkinson, esclerosis múltiple).
- Enfermedades metabólicas (obesidad, hiperlipidemia, síndrome metabólico, síndrome de ovario poliquístico, diabetes tipo 2, diabetes tipo 1).
- Enfermedades cardiovasculares (HTA, cardiopatía coronaria, insuficiencia cardiaca, apoplejía cerebral y claudicación intermitente).
- Enfermedades respiratorias (enfermedad pulmonar obstructiva crónica, asma, fibrosis quística).
- Trastornos musculoesqueléticos (osteoartritis, osteoporosis, dolor de espalda, artritis reumatoide).
- Cáncer (de colón, de próstata, de mama, de pulmón, entre otros).

### 2.11.1 Beneficios del ejercicio físico

Los beneficios que encontramos en los diferentes sistemas son los siguientes (163):

- **Sistema cardiovascular:** mejora la función del corazón y los vasos sanguíneos, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, disminuye la presión arterial, mejora la circulación sanguínea. Reduce el riesgo de muerte por enfermedad cardiaca o accidente cerebrovascular, que representan más de la mitad de la mortalidad total.
- **Sistema respiratorio:** mejora la capacidad pulmonar y disminuye la fatiga respiratoria.

- **Sistema musculoesquelético:** ayuda a prevenir lesiones musculoesqueléticas, aumenta el umbral del dolor, mejora la fuerza, la coordinación de los movimientos y la capacidad de realización de actividades de la vida diaria. Contribuye a prevenir y a reducir la osteoporosis, ayuda controlar el peso y disminuye el riesgo de obesidad
- **Sistema nervioso:** contribuye al bienestar psicológico, reduce el estrés, la ansiedad y los sentimientos de depresión y soledad; y mejora el estado de ánimo, la salud mental y el rendimiento cognitivo.
- **Sistema endocrino:** mejora la sensibilidad a la insulina, la tolerancia a la glucosa y reduce la grasa visceral.
- **Sistema inmunológico:** aumenta la producción de células inmunológicas, disminuye el riesgo de infecciones y enfermedades inmunológicas.

## 2.12 Tipos de entrenamiento

Existe una amplia gama de posibles tipos de ejercicio. La Red Europea de Prevención de Caídas (ProFaNE) (164) desarrolló una taxonomía que clasifica el tipo de ejercicio como:

- Entrenamiento de marcha, equilibrio y funcional (entrenamiento multicomponente).
- Fuerza/resistencia (incluida la potencia).
- Flexibilidad (estiramientos y movilidad).
- Ejercicio tridimensional (3D) (p.ej. Tai Chi, Qigong, danza).
- Aeróbico.
- Otro tipo de ejercicios.

Se han proporcionado pruebas de revisiones sistemáticas, metanálisis y ECA para mostrar la eficacia de diferentes modos de entrenamiento con ejercicios sobre la masa muscular, la fuerza muscular y el rendimiento físico en personas mayores con sarcopenia.

Diferentes tipos de ejercicio como el entrenamiento de resistencia, el entrenamiento de vibración de todo el cuerpo, el entrenamiento multicomponente o mixto y el entrenamiento de intervalos de alta intensidad pueden tener un efecto positivo en diferentes parámetros de fuerza, composición

corporal y rendimiento físico en personas con sarcopenia, a pesar de que se han encontrado debilidades metodológicas y de diseño de estudio que limitan la difusión de los hallazgos (142).

### **2.12.1 Entrenamiento multicomponente o mixto**

Conocido en la nomenclatura científica como *multicomponent training (MT)*. Se trata de una modalidad de entrenamiento que involucra diferentes capacidades físicas. Se utiliza la combinación de diferentes capacidades físicas (fuerza, equilibrio, coordinación y aeróbico) en una misma sesión de ejercicio para atender las necesidades funcionales y de salud de las personas mayores.

Este tipo de ejercicio ha conseguido demostrar importantes beneficios sobre la patogénesis, capacidad física, aspectos psicosociales y pronóstico y calidad de vida de los AM (165). Puede mejorar el funcionamiento perceptivo-cognitivo y reducir el estado de fragilidad de las personas mayores, ya que la combinación de ejercicios de fuerza, aeróbicos, de equilibrio y/o de flexibilidad puede aumentar la fuerza muscular, la potencia, el equilibrio y la flexibilidad.

Uno de los elementos fundamentales que deben incluirse en este tipo de programas son los ejercicios dirigidos a mejorar el equilibrio, por lo que un programa que no los contemple, no resultará eficaz en la prevención de caídas (166). Estos factores son importantes, ya que mejoran el rendimiento en las actividades de la vida diaria (AVD) (167–169), así como la adherencia a través de la propuesta de socialización y participación en actividades grupales (170).

Por lo tanto, un programa de ejercicio físico que tenga como objetivo estimular diferentes cualidades físicas en las sesiones de entrenamiento, puede promover la salud musculoesquelética, la calidad de vida y la capacidad física-funcional de las personas mayores, lo que atenúa los efectos propios del envejecimiento otorgando una mayor autonomía e independencia (171).

### **2.12.2 Entrenamiento de fuerza**

Conocido en la nomenclatura científica como *resistance training (RT)*, es un tipo de ejercicio físico que implica realizar contracciones del músculo de manera repetitiva con pesas, bandas elásticas, propio peso corporal o cualquier resistencia para aumentar la masa, fuerza y



resistencia muscular (172). Además son efectivos para mejorar el equilibrio estático (173). Actualmente, el RT se recomienda como tratamiento de primera línea para contrarrestar las consecuencias deletéreas de la sarcopenia en AM (143). Como tratamiento establecido para la atrofia muscular, se sabe que reduce la duración de la estancia hospitalaria y aumenta el área transversal muscular y la fuerza de agarre en las poblaciones de AM (174,175).

El entrenamiento de fuerza induce la proliferación de células satélite y aumenta la síntesis de proteínas y la autofagia, que juega un papel importante en la homeostasis muscular a través de mecanismos complejos (176).

Hay pruebas considerables que demuestran que la ER es una intervención eficaz para mejorar la fuerza y la función muscular en AM. Varias sociedades, incluyendo la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento (NCSA) y el Colegio Estadounidense de Medicina Deportiva (ACSM), han publicado pautas específicas para mantener y mejorar la fuerza muscular. Estas pautas recomiendan una combinación adecuada de frecuencia, volumen e intensidad de entrenamiento para lograr ganancias de masa muscular y un rendimiento óptimo (177,178).

Existen diferentes tipos de entrenamiento de fuerza como el entrenamiento de fuerza isométrico, isocinético, excéntrico, a alta velocidad (potencia), entre otros, pero se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es el mejor ejercicio para los pacientes con sarcopenia, a pesar de que el entrenamiento de fuerza de baja intensidad puede ser suficiente para inducir ganancias de fuerza (179).

Sin embargo, la evidencia de su prescripción óptima es muy limitada y es poco probable que los beneficios potenciales de la RT se realicen en ausencia de una dosis de ejercicio adecuada. Los programas de RT pueden ser adaptados a las necesidades específicas de cada persona y pueden ser diseñados para mejorar la salud cardiovascular, reducir el riesgo de lesiones, aumentar la masa muscular y mejorar la densidad ósea, entre otros beneficios para la salud (180).

### **2.12.3 Entrenamiento de potencia**

Un subtipo de entrenamiento de fuerza sería, el entrenamiento de potencia muscular conocido en la nomenclatura científica como *power training* (PT), La potencia muscular es la capacidad de

producir una gran fuerza muscular a altas velocidades de contracción (181). Durante el proceso de envejecimiento, la potencia muscular disminuye a un ritmo más rápido que la fuerza (182), y varios informes sugieren que la potencia muscular se correlaciona más con la función física que con la fuerza o la masa muscular (183–185).

Tener la capacidad de desarrollar potencia en los AM es muy importante para mantener las actividades de la vida diaria (186). Varios estudios han demostrado que el entrenamiento dirigido específicamente a aumentar la potencia muscular puede mejorar la capacidad de generar la fuerza y la potencia incluso en AM (187–189).

Revisiones sistemáticas y metanálisis previos informaron que el PT es más beneficioso que el entrenamiento tradicional para mejorar la función física, calidad de vida, así como en la mejora en la incidencia de caídas en AM (190–192).

Se trata de una intervención viable y económica ya que al igual que el RT normal, se puede realizar con máquinas de pesas o peso corporal. Además, no suelen manifestarse eventos adversos graves informados. A pesar de demostrarse su eficacia, se necesitan estudios con tamaños de muestra más grandes y mejor justificados, especialmente en las personas con sarcopenia, que midan tanto el rendimiento como los resultados funcionales autoinformados, y realicen un seguimiento de la potencia durante las sesiones de entrenamiento utilizando una medida objetiva y enfatizen en la conducta adecuada y en el informe de dominios metodológicos importantes (193).

## **2.13 Programa de Revitalización Geriátrica – PreGe**

Desde hace más de 30 años, se llevan desarrollando programas de revitalización geriátrica, dentro del Proyecto “Investigación Activo con Fisioterapia Preventiva - PReGe”, que realizan en colaboración entre la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca y el Ayuntamiento de Salamanca. Este programa tiene como objetivo fomentar el envejecimiento saludable y pleno, tratando de mantener la independencia funcional y aumentando la calidad de vida. El programa ofrece una serie de actividades que les permite mantenerse activo tanto física como mentalmente.

El PReGe tiene una labor social muy importante, ya que involucra prácticamente 500 personas mayores de 60 años de diferentes barrios con distintos estamentos sociales y económicos de la ciudad de Salamanca. El proyecto permite a estas personas socializar, y es especialmente beneficioso para aquellos que se encuentran más solos. Además, el programa ha demostrado su efectividad en el ámbito académico, ya que el proyecto cuenta con numerosas publicaciones en artículos científicos, tesis doctorales, TFM's y TFG's (194–196).

El proyecto comenzó con un pequeño grupo de fisioterapeutas y médicos y actualmente el Proyecto está formado por 14 miembros del equipo de investigación (5 fisioterapeutas, 5 enfermeros, 2 médicos, 1 experta en nutrición y 1 terapeuta ocupacional) y 8 miembros del equipo de trabajo (6 fisioterapeutas, 1 enfermero y 1 terapeuta ocupacional).

La fisioterapia desempeña un papel fundamental, se aborda los aspectos físicos, relacionados con la funcionalidad, fuerza muscular. La enfermería, mediante la educación y seguimiento de los participantes se encarga de que los participantes tengan un control dietético adecuado y asesoramiento sobre los hábitos alimentarios saludables. A través de técnicas específicas, a través de la terapia ocupacional se promueve la estimulación cognitiva y se trabaja en la mejora de la memoria, la atención y la prevención del deterioro cognitivo.

En conclusión, los beneficios obtenidos a través de este enfoque integral y multidisciplinario son claros, ya que contribuyen a un envejecimiento exitoso, saludable y pleno para aquellos que participan en él. Por lo tanto, es crucial continuar investigando y evaluando qué tratamientos pueden ser más efectivos en este grupo de población y en el contexto de la sarcopenia, dado que a menudo los AM lo sufren a medida que envejecen.





# HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### **3 HIPOTESIS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

La evidencia científica ha conseguido demostrar que prácticamente todos los tipos de ejercicio mejoran la calidad de vida y funcionalidad de las personas mayores, incluso en pacientes con sarcopenia. Sin embargo, la comunidad científica aún no ha definido claramente el efecto del entrenamiento de potencia sobre el estado muscular, la funcionalidad y composición corporal de los pacientes con sarcopenia y presarcopenia. Si bien, se ha realizado algún estudio al respecto, aún no hay resultados concluyentes respecto a este tipo de entrenamiento.

#### **3.1 Pregunta de investigación**

¿Cómo modificará el estado muscular o grado de sarcopenia, basados en parámetros de fuerza, composición corporal y funcionalidad, un programa de entrenamiento de fuerza basado en la potencia muscular comparada con una intervención de ejercicio terapéutico multicomponente en mujeres mayores de 65 años con presarcopenia?

#### **3.2 Hipótesis**

H1: La prevalencia de sarcopenia según los criterios diagnósticos del EWGSOP2, en una población de adultos mayores de Salamanca que vive en comunidad es similar a los establecidos en la población mayor europea y mundial.

H2: Un programa de entrenamiento de potencia muscular es capaz de revertir el estado muscular y el grado de presarcopenia y disminuir la incidencia de caídas en mujeres mayores de 65 años.

H3: Un programa de entrenamiento de potencia aumentará la fuerza muscular, el porcentaje de masa muscular y la funcionalidad, respecto al entrenamiento multicomponente en mujeres mayores de 65 años con presarcopenia.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Valorar y analizar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza basado en la potencia muscular sobre el estado muscular y grado de sarcopenia, evaluando la fuerza muscular, la composición corporal y la funcionalidad en mujeres mayores de 65 años con presarcopenia, comparándolo con una intervención de entrenamiento multicomponente y mujeres que no realizan ejercicio físico.

### 4.2 Objetivos secundarios

1. Conocer la prevalencia de sarcopenia según los criterios diagnósticos del EWGSOP2, en una población de adultos mayores de Salamanca, hombres y mujeres, que viven en comunidad, y comparar los datos con los establecidos en la población mayor europea y mundial.
2. Valorar y analizar los cambios en el grado de sarcopenia en el que se encuentran las mujeres mayores de 65 años con presarcopenia, y la repercusión sobre el número de caídas tras realizar los dos programas de ejercicio.
3. Valorar y analizar el efecto del entrenamiento de potencia y del entrenamiento multicomponente sobre la funcionalidad, fuerza y composición corporal de las mujeres mayores en estado de presarcopenia:
  - i. Analizar el efecto sobre la funcionalidad, considerando principalmente parámetros de fuerza en miembros superiores e inferiores, y pruebas de rendimiento físico.
  - ii. Analizar y comparar el cambio en la potencia y velocidad de contracción del aparato extensor del miembro inferior, como indicadores de fuerza muscular, a partir de los perfiles de fuerza-velocidad.
  - iii. Analizar el efecto sobre la composición corporal, considerando como indicadores principales el porcentaje de grasa y de músculo, el índice de masa corporal y el índice de masa muscular apendicular, entre otras variables.

4. Analizar y comparar el efecto de los programas de ejercicio de potencia y multicomponente con la evolución natural de las variables que miden el estado muscular, funcional y composición corporal en las mujeres mayores con presarcopenia que no realizan ejercicio físico.





# MATERIAL Y MÉTODOS

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Diseño del estudio

Se propuso realizar un estudio cuasiexperimental, prospectivo y longitudinal. Se llevó a cabo un ensayo clínico controlado con tres grupos paralelos con una proporción 1:1:1, en el que se reclutaron mujeres mayores de 65 años en estado de presarcopenia. Tras la valoración en octubre de 2022 de todos los participantes del PReGe 2022-2023, aquellos que cumplían los criterios de selección del estudio fueron asignados al azar a uno de los tres brazos del estudio: 1) Grupo de ejercicio de potencia (GP); 2) Grupo de ejercicio mixto o multicomponente (GM); 3) Grupo control sin ejercicio o grupo control (GC). El proceso de aleatorización de los dos grupos con programas de ejercicio se realizó por bloques utilizando el software R versión 4.2.1 por medio de un investigador independiente.

El estudio tuvo una duración de 1 año. Se llevaron a cabo dos visitas de evaluación (inicio y final) cada una con una duración de dos semanas. Durante estas visitas, los evaluadores cegados recogieron todas las variables de forma estandarizada.

Durante la primera evaluación se informó a todos los sujetos sobre la enfermedad, los procedimientos a realizar, sus riesgos y beneficios. Se les pidió que leyeran y firmaran el consentimiento informado (ANEXO 2).

El periodo de intervención fue de 8 meses (32 semanas). Durante este tiempo, los dos grupos de intervenciones realizaron respectivamente 3 sesiones semanales de 50 minutos, mientras que el grupo control mantuvo su actividad física normal.

Posteriormente, se procedió a su análisis estadístico e interpretación de los resultados por un investigador diferente. El informe de este ensayo clínico se ajusta a la declaración CONSORT 2010 (Consolidated Standards of Reporting Trials) (197).

Para dar respuesta al primer objetivo secundario, se ha realizado una valoración y análisis de un estudio transversal incluyendo a una población de adultos mayores de Salamanca, hombres y mujeres, que viven en comunidad.

## 5.2 Ámbito de trabajo

El desarrollo del ensayo tuvo lugar en la Unidad de Investigación, Docencia y Asistencia (UIDA), de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia, de la Universidad de Salamanca, y diferentes centros Municipales de Mayores pertenecientes al Ayuntamiento de Salamanca repartidos por toda la ciudad. La evaluación previa y posterior a la intervención se llevó a cabo en las salas 1 y 2 de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia. Cada grupo realizó las sesiones de intervención en los centros repartidos por los barrios de toda la ciudad (María Auxiliadora, "Tierra Charra", Pizarrales, Tejares, Chamberí, Juan de la Fuente, Puente Ladrillo y el Centro de Mayores de la Calle Lugo).

## 5.3 Población de estudio

En el ensayo clínico participaron mujeres mayores de 65 años que viven en comunidad en la ciudad de Salamanca y que se apuntaron voluntariamente a participar en el PReGe del año 2022-2023. De todas ellas, aquellas que cumplían con los criterios de selección y aceptaron y firmaron correctamente el consentimiento informado fueron finalmente incluidas en el estudio.

En el estudio transversal participaron hombres y mujeres mayores de 65 años, también participantes voluntarios en el PReGe del año 2022-23. También, una vez cumplidos los criterios de selección, firmaron el consentimiento informado, aceptando formar parte del estudio.

## 5.4 Criterios de selección

Se diferencian los criterios de inclusión, exclusión y eliminación (TABLA 4.):

**TABLA 4.** Criterios de selección de casos.

---

### **Criterios de inclusión (\*)**

---

Ser mujer.

Mayor de 65 años que viva en comunidad.

Inscrito como participante en el PReGe 2022-2023.

Tener sospecha clínica y cumplir uno de los criterios para tener presarcopenia o sarcopenia probable:

Tardar más de 15 segundos realizando el Five-Repetition-Sit-To-Stand Test (5STS).

Tener menos de 16 Kg de fuerza en el Hand Grip Test (HG).

---

### **Criterios de exclusión**

---

---

Estar participando en otro programa de ejercicio.

Tumores.

Marcapasos.

Fibrilaciones, patología cardíaca o HTA no controlada.

Historia de traumatismo grave/cirugía reciente.

Patologías sistémicas e inflamatorias no controladas.

Compromiso colágeno congénito.

Presencia de dificultades para realizar las pruebas de la evaluación inicial.

Barreras idiomáticas.

Pendiente de litigio o reclamación judicial.

Abuso de drogas.

Problemas psiquiátricos.

Otras circunstancias a criterio de los investigadores que puedan interferir en el objeto o desarrollo del estudio.

---

#### **Criterios de eliminación**

---

Tener menos de un 85% de asistencia total.

Participación en otros programas de ejercicio durante el periodo intervención.

Cambios del nivel de actividad física fuera del programa.

---

(\*) En el estudio transversal, como criterio de inclusión se eliminó el ser mujer, ya que participaron hombres y mujeres mayores de 65 años que vivían en comunidad.

## **5.5 Estrategia de reclutamiento, selección y aleatorización**

Al ser un estudio incluido dentro del Proyecto de investigación “Investigación Activo con Fisioterapia Preventiva - PReGe”, el Ayuntamiento de Salamanca ofreció la posibilidad de participar en el programa 2022-2023 en junio de 2022, por medio de carteles publicitarios, llamadas telefónicas y trípticos informativos en todos los centros del Ayuntamiento de Salamanca donde suelen acudir personas mayores.

Una vez se apuntaron voluntariamente, se les comunicó el día y la hora a la que podrían acudir para realizar la valoración inicial en la UIDA. Tras realizar la valoración, a aquellas personas que cumplieron todos los criterios de selección se les informó del estudio, los procedimientos a realizar, sus riesgos y beneficios y se les facilitó el consentimiento informado para proceder a la lectura y firma del mismo.

Una vez evaluadas, el GC se formó con las participantes de los programas de fisioterapia específicos de ventilación y suelo pélvico. En dichos programas se considera que no realizan una actividad física que pueda generar cambios en las variables de funcionalidad y composición corporal ya que se realiza una sesión semanal en sedestación o decúbito supino. Además, aquellas que no llegaron a comenzar las sesiones también se incluyeron en el GC.

Para asignar aleatoriamente a las participantes al GP y al GM, se realizó una aleatorización por bloques utilizando el software R versión 4.2.1. Para lograr una asignación equitativa, se dividió a las participantes en bloques correspondientes a los grupos de cada asociación (incluyendo asociaciones con uno, dos o hasta tres grupos, como Pizarrales). La aleatorización fue llevada a cabo por un investigador independiente, que recibió el número de participantes que tenía cada bloque.

## **5.6 Estrategias de enmascaramiento**

La estrategia de enmascaramiento que se ha llevado a cabo en el presente ensayo clínico fue el doble ciego. Los evaluadores no sabían quienes estaban participando en el estudio, ya que durante las dos semanas de valoración se evaluaron tanto a las participantes del ensayo clínico como a todos participantes del PReGe 2022-2023, realizando la misma valoración en todos ellos. El investigador independiente encargado de la estadística tampoco conocía la distribución entre grupos. Sin embargo, los fisioterapeutas que dirigían las sesiones de ejercicio no podían estar cegados ya que debían conocer la intervención y seguir correctamente ambos programas de ejercicio. Debido a la naturaleza de la intervención las participantes tampoco pudieron ser cegados.

## **5.7 Cálculo del tamaño muestral**

Para calcular el tamaño muestral se tuvo en cuenta varios factores, tales como el objetivo de la investigación, el tipo de población a estudiar, el nivel de confianza y el margen de error aceptable.

Se ha calculado sobre las variables principales del estudio (5STS y HG) y tenido en cuenta los parámetros a considerar en un estudio de comparación de medias mediante análisis de la varianza entre tres grupos.

Se ha realizado una búsqueda para conocer el cambio mínimo detectable (CMD) en las variables de estudio y en AM. En cuanto al 5STS, el CMD se estimó en una población muy similar a la nuestra, ya que eran mujeres mayores de 65 años. En dicho estudio, se estableció en que el CMD debía de ser mayor a 2,5 segundos para considerar un cambio real más allá del error de medición (198). En cuanto al HG, el CMD se obtuvo de un artículo que se mostraba el uso de diferencias mínimas clínicamente importantes en pacientes con osteosarcopenia (199). Dicho artículo utilizó para el HG, el CMD propuesto en otro metaanálisis, que midieron tanto a personas sanas como a personas con afecciones musculoesqueléticas, tomando como valor de CMD 2,5 Kg (200).

Se procedió al cálculo del tamaño muestral mediante la herramienta *GRANMO Versión 7.12 abril 2012*. Aceptando que existen tres grupos, con un riesgo alfa de 0,05 y un riesgo beta de 0,2 en un contraste bilateral. Dado que la intervención fue extensa y al trabajar con personas mayores se sabe que tienen menor adherencia a los programas de actividad física, se estimó una tasa de pérdidas de seguimiento del 20% (201).

Finalmente se concluyó que se precisaban 105 sujetos, 35 en cada grupo, con una proporción 1:1:1 para detectar una diferencia igual o superior a 2,5 unidades asumiendo una desviación estándar de 5 unidades.

## **5.8 Planificación y desarrollo del estudio**

El estudio está diseñado con un plan de trabajo de un año y medio, diseño longitudinal y dos momentos en los que se realizarán las valoraciones previas y posteriores a la intervención. El desarrollo del estudio se expuso en el cronograma (ANEXO 3), y se llevó a cabo en diferentes fases:

**Fase preclínica:** (junio 2022 - septiembre 2022): Se estableció el protocolo y diseño del estudio para ser enviado y aprobado por El Comité Ético de Investigación con medicamentos (CEIm) del Área de Salud de Salamanca con el código PI 2023061317. También se registró en la plataforma ClinicalTrials.gov, que está a cargo la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, con el código NCT05870046.

Se concluyó una revisión narrativa sobre la sarcopenia y el entrenamiento de fuerza y potencia. Se llevó a cabo una puesta a punto de los procedimientos que posteriormente se iban a desempeñar y se preparó el material y su correcta calibración para la fase clínica.

En esta fase inicial también se realizó la difusión y el reclutamiento de los potenciales participantes que ingresarían posteriormente en el estudio. Por último, se instruyó a todos los investigadores de manera estandarizada para realizar las evaluaciones y la intervención de la misma manera.

**Fase clínica:** (octubre 2022 – junio 2023): La fase clínica se dividió entre las evaluaciones y el periodo intervención. Las dos primeras y últimas semanas correspondieron a los periodos de evaluación, donde se recogieron todas las variables y se realizó la depuración y limpieza de la base de datos. En los ocho meses entre ambas valoraciones se ejecutaron los programas de intervención.

**Fase de análisis y realización del manuscrito:** (Julio 2023 – diciembre 2023): Se procedió al análisis estadístico e interpretación de los datos recogidos y a la realización de la memoria y posibles manuscritos para publicar.

Durante toda la fase clínica y de análisis se tuvo un control de la calidad para poder anticiparse a los posibles problemas con la monitorización, coordinación y control de calidad de los procesos. En todo momento se respetó la intimidad de los pacientes y se cumplió con la política de privacidad de los datos.

## **5.9 Evaluaciones**

Las valoraciones se realizaron en las salas 2 y 3 de la planta -1 de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca. Se trata de un lugar habilitado para la realización de todas las pruebas propuestas en unas condiciones óptimas de temperatura, iluminación y ventilación. Se estima que cada una de las visitas para evaluación tendrá una duración aproximada de 45 minutos por sujeto.

Las evaluaciones serán realizadas por parte del equipo investigador y equipo de trabajo contratados con el acuerdo del Ayuntamiento de Salamanca y la Facultad de Enfermería y Fisioterapia. Participaron fisioterapeutas, médicos, enfermeros, terapeutas ocupacionales y

experta en nutrición con una extensa experiencia en la investigación geriátrica. Cada una de las pruebas siempre las realizó el mismo investigador de manera estandarizada, tanto en la valoración inicial como final.

## **5.10 Variables de estudio**

### **5.10.1 Variables sociodemográficas**

Se recogieron los siguientes datos a cada paciente: nombre completo, DNI, teléfono, sexo, estado civil, antecedentes médicos, presencia de comorbilidades como enfermedades crónicas (HTA, diabetes, hipercolesterolemia, hipotiroidismo, etc.), uso de medicación concomitante, número de pastillas que se consumen diariamente, con quién vive y el estado clínico del paciente.

Además, se realizó la toma de tensión arterial y de pulsaciones por minuto para asegurar que el paciente estaba en perfectas condiciones de realizar las valoraciones.

### **5.10.2 Variables de estudio primarias**

Se establecieron como variables principales, las variables independientes que miden la fuerza muscular, tanto de miembro inferior como del superior. Los test que se utilizan para establecer que la persona tiene sarcopenia probable o presarcopenia según el EWGSOP2 son el 5STS y HG.

#### **1. Five-Repetition-Sit-To-Stand Test (5STS):**

Se trata de una prueba funcional que evalúa la capacidad de una persona para levantarse y sentarse de una silla sin ayudarse de los brazos (fuerza de los miembros inferiores) (198). En las evaluaciones se utilizó la versión modificada del CS original, en las que se deben completar 5 sentadillas lo más rápido posible. Se realiza usando una silla plegable sin brazos, con una altura de asiento de 17 pulgadas (43,2 cm). El tiempo comienza cuando el paciente inicia la primera sentadilla desde la posición de sedestación y concluye cuando se vuelve a sentar tras realizar las 5 elevaciones. El test fue descrito inicialmente en 1999, registraban el número de repeticiones completadas en 30 segundos (202). Se ha demostrado que el 5STS es una medida más sensible y específica que el test original (198). Además ofrece una excelente fiabilidad test-



retest (0,89) (202). Como variable que justifica el estado de presarcopenia, se debe de obtener valores menores de 15 segundos en el test para disminuir el riesgo de sufrir sarcopenia (12).

## 2. Hand Grip Test (HG):

Se trata de una prueba que mide la fuerza de agarre de la mano. Es una herramienta rápida, fácil de usar y de bajo costo. A menudo utilizada con personas mayores para evaluar la fuerza muscular global. Este test es reconocido en la práctica clínica y en la literatura como un instrumento estándar para medir HG (12). Se puede medir cuantitativamente utilizando un dinamómetro de mano, y mide la cantidad de fuerza en kilogramos que la persona es capaz de generar (203). Se realizó con el dispositivo Jamar Plus que ha demostrado tener una excelente reproducibilidad test-retest ( $r>0,80$ ) y excelente confiabilidad entre los evaluadores ( $r=0,98$ ) (204,205). Además, está considerado como el gold standard en la evaluación de la fuerza de agarre (206). Para realizar la medición de forma estandarizada a todos los participantes se les colocaba en bipedestación, codo flexionado a  $90^\circ$  y pronosupinación neutra, se le indicó: “¡Aprieta con todas tus fuerzas durante 3 segundos!”. Se realizó de manera alterna mano izquierda y derecha y se obtuvo la media como valor válido (FIGURA 6.) (207).

**FIGURA 6.** Medición de la fuerza de prensión manual.



### 5.10.3 Variables de estudio secundarias

#### 1. Cuestionario SARC-F

Se desarrolló inicialmente en 2012 por Malmstrom et al. como prueba de diagnóstico rápido para la sarcopenia (64). Se trata de una encuesta de cinco partes (fuerza, asistencia para caminar, levantarse de la silla, subir escaleras y caídas) de autoinforme para detectar sarcopenia en los pacientes (ANEXO 4) (64). Aunque se desarrolló como una herramienta de diagnóstico, actualmente es la encuesta de detección de sarcopenia adaptada más validada y utilizada (208,209). Una puntuación igual o superior a 4 puntos (máximo es 10) predice mejor la necesidad de una evaluación más exhaustiva y se asocia con déficits en las actividades de la vida diaria (AVD), disminución de la fuerza y el rendimiento físico (210). Tiene una sensibilidad relativamente baja y una especificidad muy alta para predecir la sarcopenia (211). Su sensibilidad, que oscila entre el 3,8 % y el 33,3 %, es una seria desventaja ya que muchos pacientes con sarcopenia pueden pasarse por alto (12,212).

#### 2. Masa muscular apendicular – (ASM)

Se trata de la cantidad de masa muscular presente en las extremidades del cuerpo (brazos y piernas). Conocido en la literatura científica como appendicular skeletal muscle mass (ASM). Es una de las variables más importantes en el diagnóstico de sarcopenia actualmente (213). Se puede medir utilizando técnicas como la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), la resonancia magnética (RM) o mediante métodos como la bioimpedancia eléctrica (BIA) o mediciones antropométricas manuales.

Hay que mencionar que la BIA no mide la masa muscular directamente, sino que obtiene una estimación de la masa muscular basada en la conductividad eléctrica de todo el cuerpo. A pesar de ello se seleccionó como método, ya que está validado y es útil para determinar la composición corporal para los cambios de composición corporal durante un período de tiempo más largo (Body Composition Analyzer TANITA BC-418) (FIGURA 7.) (214). La BIA utiliza una ecuación de conversión que se calibra con una referencia de masa magra medida por DXA en una población específica (215–217),

**FIGURA 7.** Medición de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica.



### **3. Índice de masa muscular apendicular – (SMI)**

Se trata de un índice que ajusta la ASM en función de otras variables de composición corporal. Conocido en la literatura científica como índice de masa muscular apendicular (en inglés, skeletal muscle mass index, SMI). Al correlacionarse la masa muscular con el tamaño corporal, la ASM se puede ajustar utilizando la altura ( $ASM / altura^2$ ), el peso ( $ASM / peso$ ) o el índice de masa corporal ( $ASM / IMC$ ) (70). En el presente ensayo se realizará ajustando por la altura, ya que es el método por el que ajustan en el EWGSOP2.

### **4. Índice de masa corporal (IMC)**

Es una medida utilizada para evaluar el peso corporal en relación con la estatura. Se usa como una herramienta de detección, pero no diagnostica la grasa corporal ni la salud de un individuo (218). Se calcula dividiendo el peso en kilogramos por la estatura en metros al cuadrado. El IMC no mide la grasa corporal directamente, pero se correlaciona moderadamente con medidas más directas de la grasa corporal y según los valores obtenidos se estratifica en diferentes rangos (TABLA 5.) (219). Se utiliza como indicador de la composición corporal y riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (220). La correlación entre el IMC y la grasa corporal es bastante fuerte, pero incluso si dos personas tienen el mismo IMC, su nivel de grasa corporal puede ser diferente (221).

**TABLA 5.** Categorización del nivel del peso según el IMC.

IMC	NIVEL DE PESO
Por debajo de 18.5	Bajo peso
18.5 – 24.9	Normal
25.0 – 29.9	Sobrepeso
30.0 o más	Obesidad

### 5. Porcentaje de grasa corporal

Se refiere a la proporción de grasa en relación al peso del cuerpo total. Es un indicador de la composición corporal y se considera importante para la salud en general (222). Los valores promedios para hombres son normales entre 12 y 20%; límite entre 21 y 25% y obesidad por encima del 25%. Para mujeres se considera normal entre 24 y 30%; límite entre 31 y 33% y obesidad por encima de 33% (223). La distribución de la grasa sea considerado muy importante, ya que influye en el riesgo de enfermedad independientemente del peso corporal, especialmente el tejido adiposo subcutáneo y la grasa visceral (224,225).

### 6. Grasa visceral

Se trata de la grasa que está alrededor de los órganos internos. Constituye aproximadamente una décima parte de toda la grasa almacenada en el cuerpo, y es diferente de la grasa subcutánea, que es la grasa que es visible y que se puede sentir (226). La grasa visceral hace que el vientre sobresalga y produce sustancias químicas y hormonas que son más tóxicas para el organismo que las segregadas por la grasa subcutánea (227). Unos niveles elevados de grasa visceral pueden aumentar el riesgo de padecer varias afecciones médicas graves y potencialmente mortales (cardiopatías, accidente cerebrovascular, alteraciones metabólicas, intolerancia a la glucosa, diabetes tipo 2, triglicéridos elevados, dislipidemia, inflamación, perfil de citoquinas alterado y cáncer de mama en mujeres (228).

### 7. Porcentaje de masa muscular - % muscle mass (%MT)

Se trata de la proporción de músculo en relación al peso del cuerpo total (229). En general, las mujeres adultas suelen tener entre un 24 y 30% de músculo, mientras que los hombres entre un 33 a 40%. Sin embargo, estos porcentajes pueden variar dependiendo de la complejión física de cada persona y la frecuencia con que practique deporte, entre otros factores. Muy importante

esta variable ya que un bajo porcentaje se considera con un mayor riesgo de sarcopenia en los AM (51).

#### **8. Perímetro abdominal**

La medición de la circunferencia de la cintura en entornos clínicos es importante y factible, proporciona información independiente y adicional al IMC para la predicción de la morbilidad y la mortalidad (230). Esta medida se utiliza para alertar sobre potenciales problemas de salud y para conocer el volumen de grasa abdominal que pueda tener la persona (231). El perímetro abdominal se mide con una cinta métrica a la altura del ombligo, después de una inspiración profunda y de expulsar el aire, sin ejercer presión. Los valores de referencia para afirmar que existe un perímetro abdominal aumentado son hombres valores superiores a 102 cm en hombres y 88 cm en mujeres (232).

#### **9. Número de caídas**

Son un problema común en los AM. Se trata de un indicador importante de riesgo para la salud y la seguridad de esta población vulnerable, que puede conllevar lesiones y costes asociados (233). Las caídas pueden ser causadas por una variedad de factores, incluyendo problemas de equilibrio, debilidad muscular, problemas de visión, efectos secundarios de los medicamentos, problemas de audición, problemas de coordinación, problemas de sueño y problemas de presión arterial (234). Se recopilaron el número de caídas un año previo y las ocurridas durante el periodo intervención.

#### **10. Velocidad de la marcha, gait speed (GS)**

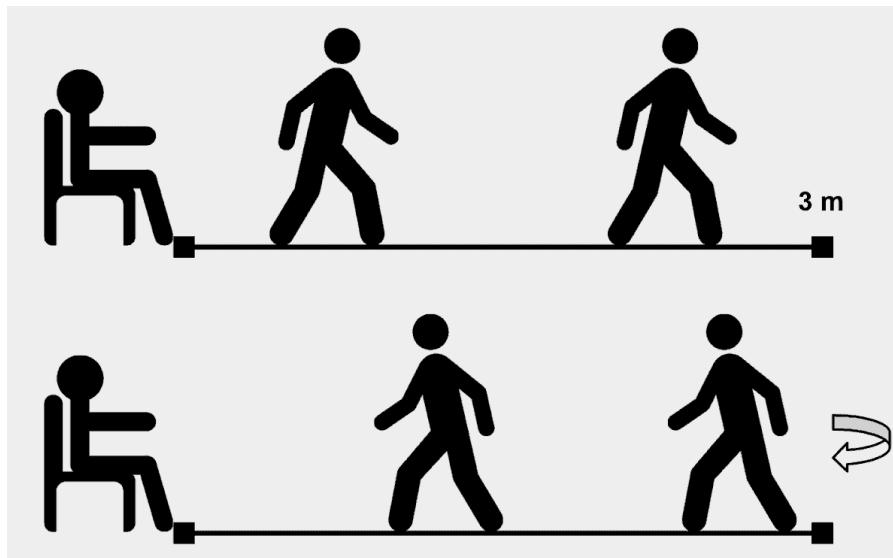
Es una medida simple, objetiva y válida del rendimiento de la marcha humana que se ha empleado en diversos entornos y se recomienda su uso como un "signo vital" de salud (235). Se trata de uno de los parámetros que indica que la persona puede tener sarcopenia severa (236). Se trata de medir el tiempo que tarda una persona en caminar una distancia a una velocidad cómoda y constante, expresado en metros/segundos. Se suele calcular en distancias de 4, 6, 8 y 10 metros (237). El paciente se coloca unos metros antes de la línea donde inicia el tiempo y se le indica que camine a su velocidad habitual hasta tres metros después de la línea donde se para el tiempo (238). Se realizó tres veces y se escogió el mejor valor.

### **11. Short Physical Performance Battery (SPPB)**

Es una herramienta de evaluación del rendimiento físico utilizada comúnmente en la investigación geriátrica. Es una prueba de función física rápida y objetiva de tres pruebas que miden la fuerza de miembros inferiores, la velocidad de la marcha y el equilibrio (75). SPPB podría ser útil para la estratificación temprana de las personas que viven en la comunidad en riesgo de discapacidad funcional, ya que requiere un mínimo de tiempo, experiencia y equipo para administrar (239). Tiene una excelente confiabilidad test-retest, validez predictiva y aplicabilidad clínica con valores de diferencia clínicamente importantes definidos (240,241). Se puntúa de 0 a 12 puntos, cada apartado se puede puntuar hasta 4 puntos según las marcas obtenidas (ANEXO 5) (242). Una puntuación menor a 8 puntos indica un rendimiento físico deficiente (243).

### **12. Timed Up&Go (TUG)**

Prueba introducida en 1991 por Podsiadlo y Richardson como modificación de la prueba Get-Up and Go de Mathias et al. Es una prueba predictora de fragilidad y caídas, ampliamente utilizada en la investigación geriátrica para medir el equilibrio y la movilidad en personas mayores (244,245). Consiste en medir el tiempo que tarda un individuo en levantarse de la silla, caminar una distancia de 3 metros, girar y regresar a sentarse, todo ellos a velocidad normal y sin asistencia (FIGURA 9.) (244). La prueba se realizó durante dos veces y se escogió la mejor marca, estando atento a que no se ayudara de las manos para levantarse. Los tiempos TUG son peores que el promedio si superan: 9,0 segundos para personas de 60 a 69 años, 10,2 segundos para personas de 70 a 79 años, y 12,7 segundos para personas de 80 a 99 años (246).

**FIGURA 8.** Descripción de la prueba Timed Up&Go (TUG).

### 13. Test de la escalinata

El test de marcha estacionario de 2 minutos (en inglés, *Two-Minute Step Test (TME2')*) fue validado por Rikli y Jones, como una prueba que permite la medición de la capacidad aeróbica en AM de 60 años que sirve como alternativa a otros tests de capacidad aeróbica como el test de caminata de los 6 minutos (247). Para desarrollar el TME2' se dará la instrucción al paciente valorado que marche en el mismo sitio donde está ubicado, lo más rápido posible durante 2 minutos mientras elevan sus rodillas a una altura intermedia entre las rodillas y las crestas iliacas. El resultado de la prueba se define como el número de pasos contados del lado derecho, a la altura establecida en 2 minutos (248).

### 14. Perfil fuerza – velocidad

Se refiere a la relación entre la capacidad del músculo para generar fuerza y la velocidad a la que es capaz de producir la contracción concéntrica (249). En atletas es una variable de resultado común que se suele utilizar como un método para prescribir mejor y con mayor precisión las cargas de entrenamiento y para aumentar el rendimiento general y específico pero no se suele aplicar en personas mayores (250). Se puede medir mediante un encoder lineal, que es un dispositivo que mide la longitud y la velocidad de ejecución de un movimiento lineal registrando variables mecánicas (fuerza, velocidad, potencia, etc.) (251). Para comprobar el perfil fuerza-velocidad se le solicitó a cada participante que se levantarán lo más rápido posible al realizar una sentadilla, obteniéndose el valor medio de las 5 repeticiones. Mientras realizaba

las repeticiones se le sujetó a la altura de la cintura una cinta anclada al dispositivo que recogió la potencia velocidad y distancia recorrida. Se realizó mediante el transductor de velocidad lineal ADR Encoder que ha demostrado ser una tecnología extremadamente fiable para las pruebas de velocidad (FIGURA 9.) (252).

**FIGURA 9.** Realización de la prueba del perfil de fuerza-velocidad mediante el encoder lineal.



### **15. Grado de satisfacción y mejora subjetiva**

Se trató de establecer si se habían cumplido las expectativas de las participantes en función de los diferentes programas de ejercicio recibido para establecer si había gustado más uno que el otro. Además, fue importante recoger si cada participante había notado una mejora física y en que lo había notado. Se recogió mediante una valoración del 0 al 10, donde 0 sería el valor de esfuerzo y satisfacción mínimo y 10 el máximo.

## **5.11 Intervenciones**

Todas las participantes en el estudio, seguirán con sus pautas de tratamiento médico, el nivel de actividad física y patrón dietético, que se considerarán como posibles variables de confusión, más la implementación de la intervención según el grupo al que sean asignados. Las sesiones serán realizadas siempre por los mismos fisioterapeutas formados en ejercicio terapéutico en AM y con más de un año de experiencia trabajando con esta población.



Todos ellos han asistido a unas sesiones de formación para homogeneizar las sesiones y las pautas de actuación, y así evitar los posibles sesgos de intervención. La adherencia al programa se comprobó registrando la asistencia al centro. Se realizarán durante 32 semanas con una frecuencia de 3 sesiones semanales de 50 minutos. Las sesiones se realizarán en grupos de 10-15 personas.

Las sesiones de los programas de fuerza y multicomponente siguen el mismo patrón estructural. Estarán estructuradas según las recomendaciones del ACSM, con tres partes diferenciadas, aunque con algunas modificaciones adaptadas a la población objeto de estudio, con un calentamiento inicial, una parte principal y un enfriamiento y relajación final (TABLA 6.) (253):

**TABLA 6.** Estructura de la sesión tipo de ejercicio según la ACSM.

<b>CALENTAMIENTO</b> (10 minutos)	<b>movilidad activa</b> <b>estática</b>  <b>Movilidad activa</b> <b>dinámica:</b>	Movimientos activos libres, sin dolor, suaves (tobillo, rodilla, caderas, hombros codos, muñecas, lumbar, dorsal y cervical). A la vez que caminan se irán intercalando ejercicios de movilidad de los miembros superiores e inferiores durante la marcha.
<b>PARTE PRINCIPAL</b> (30 minutos)	<b>Ejercicios de</b> <b>Potencia o Mixto</b>	En ambos programas se aplicará una progresión de la intensidad del trabajo mediante la carga y la dificultad de los ejercicios de una forma individualizada.
<b>ENFRIAMIENTO</b> (10 minutos)	<b>Vuelta a la calma</b> <b>cardiovascular</b> <b>Estiramientos</b>  <b>Respiraciones</b>	Marcha a un ritmo progresivamente más lento. Gemelos, isquiotibiales, cuádriceps, aductores, trapecio, bíceps, tríceps y epicondíleos. 10 respiraciones guiadas a la zona diafragmática.

### 5.11.1 Metodología de progresión de la carga

Dado que las adaptaciones al entrenamiento son específicas del estímulo de entrenamiento (es decir, el estrés fisiológico ejercido sobre el cuerpo) inducido por la dosis de ejercicio, es probable que las mejoras en la fuerza muscular y el rendimiento físico se realicen solo si la dosis de ejercicio es debidamente prescrita a cada individuo.

La dosis de ejercicio está determinada por una combinación de variables que incluyen la frecuencia, el volumen y la intensidad del ejercicio (180). Sin embargo, el trabajo previo sugiere

que los principios de la prescripción del ejercicio a menudo se pasan por alto o se aplican incorrectamente (no individualizado, sin progresión) (254).

En el estudio surge la necesidad de adaptar las cargas de manera individual debido a la prolongada intervención (32 semanas) y la variabilidad de las respuestas que puede dar cada persona. Durante ambas intervenciones se realizarán cambios específicos con una correcta dosificación y manejo de las cargas para maximizar los efectos de cada tipo de ejercicio y lograr la sobrecarga progresiva personal más efectiva y obtener el máximo de los beneficios potenciales (FIGURA 10.).

**FIGURA 10.** Propuesta de progresión de la carga en el ejercicio de sentadilla.

En orden de izquierda a derecha y de arriba a abajo: 1: Sentadilla con apoyo de manos; 2: sentadilla sin apoyo; 3: sentadilla con carga externa; 4: sentadilla asimétrica; 5: sentadilla asimétrica con carga externa.



Para adecuar dicha intensidad tendremos de referencia la Escala Modificada de Esfuerzo de Borg (159). Antes de comenzar las sesiones se les explicó cómo deben de contestar a la escala. Al final de cada semana se le preguntó a cada persona la percepción de esfuerzo que ha tenido durante las tres últimas sesiones. El objetivo era que las participantes experimentaran una sensación de esfuerzo entre duro y muy duro, y que la percepción de esfuerzo se mantuviera entre 6,5 y 7,5 en todo el programa. Si la percepción del esfuerzo es menor, se aumentaba la intensidad y si era mayor se reducía. Los cambios a realizar estarán supeditados en función del programa y de la fase en la que estén de tal forma que el objetivo fue que el esfuerzo subjetivo percibido durante todo el programa fuera 7 (inicio de percepción de trabajo muy duro).

La progresión se realizó mediante la modificación de los parámetros de carga y dificultad, según el ejercicio y en función de la valoración inicial. Debido a ello a los fisioterapeutas tuvieron las siguientes posibilidades para progresar en la intensidad en función de la percepción que les comunique cada participante (TABLA 7.):

**TABLA 7.** Formas de progresar la intensidad

- 
- Aumento del número de repeticiones y de series.
  - Disminución del tiempo de descanso.
  - Aumento de la complejidad del ejercicio
  - Aumentar resistencia con un peso externo (Kg).
  - Simetría del ejercicio: progresar de ejercicios bilaterales a unilaterales
  - La posición de la persona: tumbado, sentado, descarga, carga...
  - La velocidad del movimiento: comenzar en velocidades lentas, y evolucionar hasta tratar de realizar los ejercicios a máxima velocidad de la contracción concéntrica.
  - Aumento del rango de movimiento. Ir ampliando el rango de movimiento, cada vez que traten de bajar más, etc.
  - Introducción de ejercicios de doble tarea (coordinación)
  - Elementos a usar: picas, conos, escaleras, pesas, escalones...se pueden usar para amentar o disminuir la carga.
- 

### **5.11.2 Programa de entrenamiento de potencia muscular**

Para adaptar a las participantes y sus tejidos a trabajar mediante ejercicios de fuerza a altas velocidades de ejecución, en el programa de ejercicio físico se tendrá en cuenta una correcta y progresiva dosificación de la carga recibida (TABLA 8.). De esta manera se reducirá el riesgo de posibles lesiones asociadas y se tendrá en cuenta las consideraciones especiales de los sujetos para poder adaptar la intervención al estado funcional de los sujetos según las evaluaciones realizadas. Uno de los objetivos que se tiene con el modelo de trabajo en este grupo es la realización de ejercicios sencillos, con poco material para que, una vez concluido el programa, pudieran seguir realizando todos los ejercicios en casa. Debido a ello, cronológicamente, la parte principal del programa se dividirá en tres fases:

**TABLA 8.** Ejercicio y fases del programa de ejercicio de potencia

<b>EJERCICIOS MIEMBRO SUPERIOR</b>		<b>EJERCICIOS MIEMBRO INFERIOR</b>	
<i>Flexiones contra la pared, elevaciones de brazos, flexiones y extensiones de codo y ejercicios de prensión manual.</i>		<i>Sentadilla, peso muerto, zancada plano frontal y sagital, extensiones y abducciones de cadera y elevaciones de talones.</i>	
<b>FASE</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>TIPOS DE CONTRACCIÓN</b>	<b>FORMA DE PROGRESAR</b>
<b>1º fase:</b> <b>Adaptación al ejercicio</b> <b>(1º mes)</b>	Enseñar correcta ejecución de los patrones de los ejercicios de fuerza.	Ejercicios isométricos y contracciones isotónicas muy controladas.	Aumentar los tiempos de contracción isométrica, rango de movimiento, retirar apoyos, etc.
<b>2º fase:</b> <b>Entrenamiento de fuerza</b> <b>(2º-3º mes)</b>	Progresar en los ejercicios de fuerza.	Ejercicios isotónicos (concéntrico-excéntrico) a velocidades bajas y normales.	Aumentar el número de repeticiones por serie, el número de series o el peso externo, progresar hacia la unilateralidad, disminuir tiempo de descanso entre series, etc.
<b>3º fase:</b> <b>Entrenamiento de potencia muscular</b> <b>(4º-8º mes)</b>	Ganar potencia muscular.	Ejercicios isotónicos aumentando progresivamente la velocidad de la fase concéntrica.	Aumentar de la velocidad de la contracción concéntrica y el número de repeticiones a máxima velocidad. Posteriormente se aumentarán número de series, se aportará peso externo o progresar hacia la unilateralidad a máxima velocidad.

### 5.11.3 Programa de entrenamiento mixto multicomponente

La intervención multicomponente comprendía diferentes modalidades de actividad física de intensidad moderada. Se integraron ejercicios aeróbicos, de movilidad, fuerza, equilibrio y coordinación. También se incluye un trabajo de doble tarea mediante actividades lúdicas o juegos con algunas actividades dirigidas al trabajo de las funciones cognitivas para reforzar los efectos globales del programa, como juegos con colores, números, letras, lateralidad, memoria, etc. (TABLA 9.).

Las participantes comenzaron con una intensidad más ligera y aumentaron gradualmente durante las primeras 2 a 3 semanas de la intervención. Posteriormente se aumentaba intensidad cada vez que reflejaban esfuerzo por debajo de 7 en la Escala de Borg.

El protocolo de ejercicio implementado se basa en los estudios *LIFE* y *SPRINTT* que han demostrado ser eficaces y seguros para prevenir la discapacidad e movilidad y mejorar el estado de fragilidad física en los AM (147,255).

**TABLA 9.** Sesión tipo del programa de ejercicio multicomponente.

<b>COMPONENTE DEL EJERCICIO</b>	<b>EJERCICIOS</b>	<b>FORMA DE PROGRESAR</b>
<b>EJERCICIOS AERÓBICOS 10 minutos</b>	Caminar, marcha, correr.	Aumentos de la velocidad de la marcha continua, progreso a inicio de carrera, aumentos de ritmo, trabajo interválico, disminución progresiva del descanso.
<b>EJERCICIOS DE FUERZA 10 minutos</b>	Ejercicios isotónicos de miembro superior e inferior.	Aumentar el número de repeticiones por serie, el número de series, progresar hacia la unilateralidad, disminuir tiempo de descanso entre series.
<b>COORDINACIÓN Y EQUILIBRIO 10 minutos</b>	Ejercicios de equilibrio, doble tarea y coordinación de miembro superior e inferior.	Progresar perturbando sistema vestibular, visual, apoyo monopodal, disequilibrios, superficie inestable, complicación de ejercicios de doble tarea, toma de decisiones más complicada y rápida, etc.

#### **5.11.4 Grupo control sin ejercicio**

Las participantes de este grupo deberán continuar con su patrón dietético y con su nivel de actividad física habituales, sin modificar sus hábitos de vida durante el periodo de estudio. No participarán en ninguno de los dos programas, ni realizarán ejercicio físico de forma sistemática, programada y supervisada en cualquier otro programa.

#### **5.12 Análisis estadístico**

En el marco de este estudio, tanto las variables dependientes como las independientes, se describirán utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Los cambios en los resultados

se analizaron por intención de tratar (AIT). Las variables principales y secundarias se analizarán del mismo modo.

Se realizó un análisis descriptivo de las características basales de cada grupo, calculando la media, la desviación estándar, la mediana y el rango intercuartílico de cada variable.

La normalidad de los valores basales se comprobó observando la distribución de los gráficos de normalidad y se verificó junto con la homogeneidad de todas las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Levene, respectivamente. También se realizaron las mismas pruebas sobre la diferencia de cada variable para evaluar el efecto de las intervenciones en cada grupo sobre las variables de estudio.

Para evaluar los efectos de las intervenciones, se utilizó como método principal el análisis multivariante de la varianza (MANOVA), agrupando las variables por bloques (funcionalidad y composición corporal). Se expuso el Biplot canónico en el que se observan los círculos de confianza de cada grupo. Si estos círculos no están en contacto, se puede afirmar que existen diferencias significativas entre los grupos.

Como método de comprobación del MANOVA, las diferencias entre grupos para cada variable cuantitativa se analizaron mediante la prueba de análisis univariante de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para variables normales y homogéneas o la prueba de Kruskal-Wallis para variables no normales o heterogéneas.

Como método adicional de comprobación, se realizaron comparaciones por pares mediante la prueba de Bonferroni para variables normales y homogéneas y la prueba de Dunn para variables no normales y homogéneas, con el fin de averiguar entre qué grupos existía una mayor diferencia. Para las variables cualitativas, se utilizará el test de chi cuadrado.

Para las pruebas de hipótesis bilaterales, se fijó un riesgo alfa de 0,05 como límite de significación estadística. Los datos se analizaron con el paquete informático IBM-SPSS (versión 26.0).

## **5.13 Recursos humanos y materiales**

- Los recursos personales para este proyecto de investigación son un total de 18 personas, incluyendo los 10 miembros del equipo investigador y 8 personas del equipo de trabajo, bajo el

amparo del Contrato art. 83 LOU entre el Ayuntamiento de Salamanca y la Universidad de Salamanca.

- Los espacios necesarios y adecuados para la realización de las visitas de evaluación y las sesiones de intervención serán de la Facultad de Enfermería y Fisioterapia y los Centros de Mayores de la Ciudad de Salamanca dependientes del Ayuntamiento de Salamanca.

- Los recursos materiales utilizados durante el estudio son cronómetros, cintas métricas, mobiliario, tensiómetro (*OMRON® M7 Intelli IT, HEM-7361T-EBK*), tallímetro, báscula (*OMRON® BF511, HBF-511B-E*), dinamómetro de mano (*Jamar® Plus Hand Dynamometer*), bioanalizador de la composición corporal (*Bioimpedance meter TANITA® BC-418*), encoder lineal (*ADR® Encoder*), cuestionarios SARC-F, material para el desarrollo de las sesiones de ejercicio (picas, conos, escaleras y pesas) y el software *IBM SPSS, statistics v.26.0*.

## 5.14 Cuestiones éticas

Los aspectos éticos-legales considerados en el presente proyecto son los siguientes:

- ❖ Se registró el cumplimiento de la Declaración de Helsinki (256).
- ❖ Aprobación del Comité Ético de Investigación con medicamentos (CEIm) del Área de Salud de Salamanca (PI 2023061317).
- ❖ Ofrecer una hoja de información al participante del estudio (objetivos, metodología, realización de las pruebas y valoraciones y los posibles beneficios) y el consentimiento informado (ANEXO 2).
- ❖ Garantizar la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal.
- ❖ Garantizar la legislación vigente en materia de protección de datos, L.O.3/2018 de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos de la Universidad de Salamanca.
- ❖ Ha sido registrado en Clinicaltrials.gov como NCT05870046.

- ❖ Se ha solicitado autorización al Ayuntamiento de Salamanca y al investigador principal del Proyecto para poder realizar el estudio.





# RESULTADOS

## 6 RESULTADOS

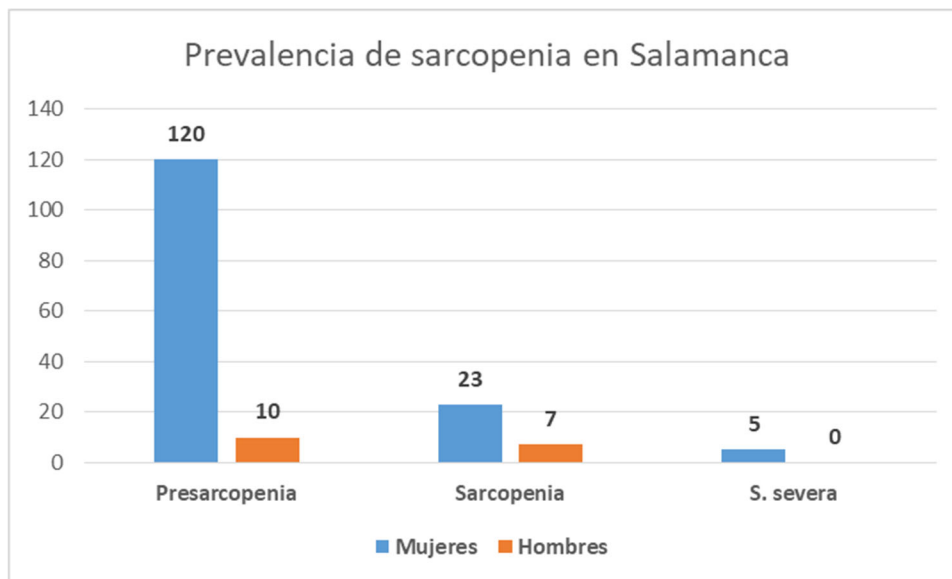
### 6.1 Resultados de prevalencia de sarcopenia. Estudio transversal

Se ha realizado la evaluación inicial llevando a cabo las pruebas y el algoritmo diagnóstico que propone el EWGSOP2. Tras realizar las estrategias de reclutamiento se logró valorar a un total de 480 personas mayores en el proyecto “Investigación Activo con Fisioterapia Preventiva - PReGe”. El 83,04% de las personas que se valoraron fueron del género femenino (413 mujeres y 67 hombres). De todos ellos, se detectó que 130 personas, es decir, el 27% de AM presentaban riesgo de sufrir sarcopenia (FIGURA 11.).

**FIGURA 11.** Porcentaje del número de personas con riesgo de sufrir sarcopenia en la ciudad de Salamanca.

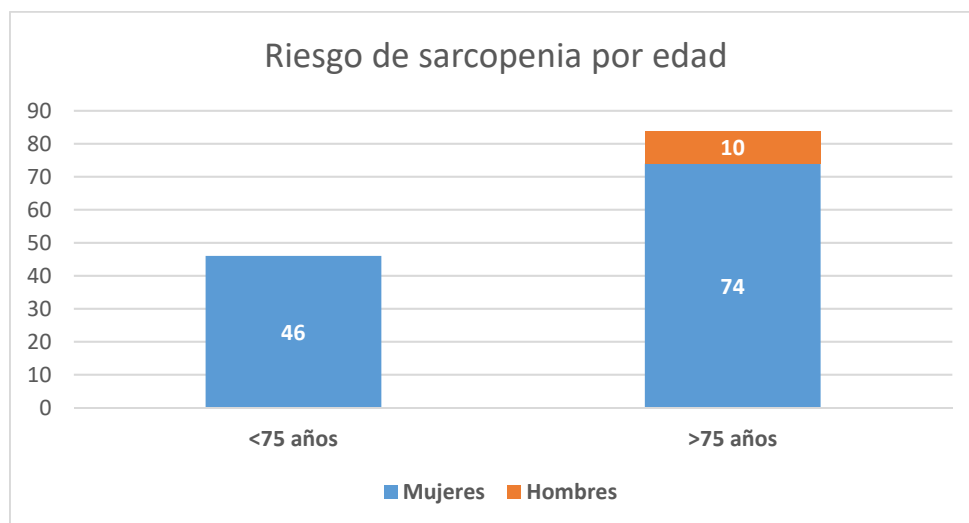


De los AM que presentaban el riesgo la mayoría eran mujeres, solamente 10 eran hombres. Tras valorar la ASM, se detectó que 30 personas tenían baja masa muscular, por lo que se diagnosticaron con sarcopenia confirmada, de las cuales 23 eran mujeres y 7 eran hombres. De todos ellos, 5 mujeres presentaban afectación del rendimiento físico, lo que se considera sarcopenia severa (FIGURA 12.). Por lo tanto, se puede concluir que el 27,08% de la población de Salamanca está en peligro de sufrir sarcopenia, un 6,25% presenta sarcopenia y un 1,04% padece sarcopenia severa.

**FIGURA 12.** Prevalencia del grado de sarcopenia entre los adultos mayores de Salamanca.

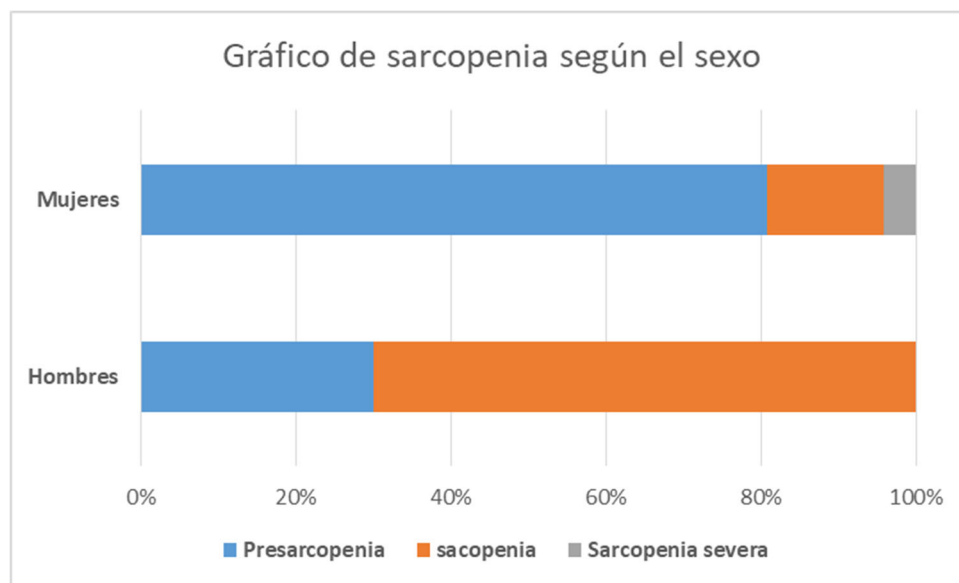
Si se valora en función del género, del total de mujeres, un 29% presentan presarcopenia en contraste con el 15,87% que lo presentan los hombres. En cambio, al diagnosticar la sarcopenia confirmada se obtiene un valor superior en los hombres (11,11%) respecto al de las mujeres (5,57%). Solo presentan sarcopenia severa las mujeres lo que representa el 1,2% de todas las mujeres valoradas.

Si se clasifica en función de la edad, se puede observar que a partir de los 75 años hay más casos de personas con riesgo de sarcopenia ( $n=84$ ) que con menos de 75 años ( $n=46$ ). Todos los hombres ( $n=10$ ) con riesgo de sarcopenia tienen más de 75 años (FIGURA 13.).

**FIGURA 13.** Clasificación del riesgo de sarcopenia en función de la edad.

Si se clasifican en función del sexo, se observan diferentes patrones del grado de sarcopenia entre hombres y mujeres. De los hombres diagnosticados, se ha detectado que el 70% tiene sarcopenia confirmada, mientras que solo el 30% presenta presarcopenia. No se ha detectado ningún hombre con sarcopenia severa. En cuanto a las mujeres, se sigue otro patrón: la gran mayoría ha presentado presarcopenia (80,83%). Solo el 15% ha presentado sarcopenia confirmada y un 4,17% sarcopenia severa (FIGURA 14.).

**FIGURA 14.** Clasificación del grado de sarcopenia en función del sexo.



## 6.2 Resultados descriptivos de valores basales

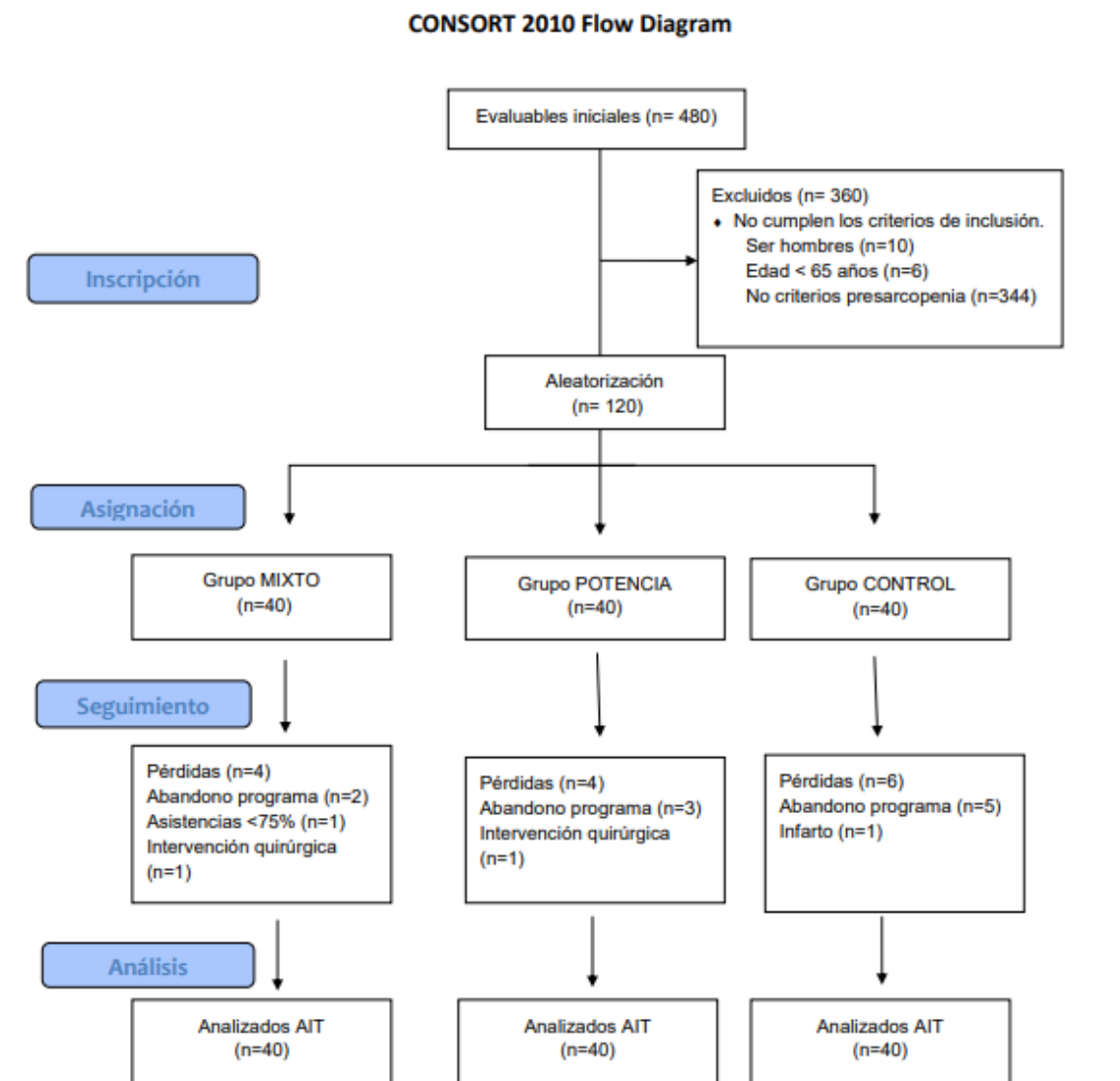
Se valoraron un total de 480 personas en el proyecto "Investigación Activo con Fisioterapia Preventiva - PReGe". De todos ellos, 120 mujeres cumplieron los criterios de selección y se distribuyeron 40 personas en cada grupo. Sin embargo, debido a la duración de la intervención, se han producido pérdidas en todos los grupos, dicha pérdidas se han computado como datos imputados y se realizará el análisis por intención a tratar (AIT) para no perder el efecto de la aleatorización y homogeneidad que se ha obtenido (FIGURA 15.).

En el GP, 4 personas abandonaron, sin justificación (n=2), por no cumplir con el mínimo de asistencia (n=1) y debido a una intervención quirúrgica (n=1). En el GM, también hubo 4 personas que no completaron la intervención, 3 por abandono del programa (n=3) y 1 debido a una intervención quirúrgica (n=1). Por último, el GC ha sido el grupo en el que se han producido más pérdidas (n=6). Principalmente, debido a la falta de seguimiento y la imposibilidad de

contactar con ellas (n=5), y un caso debido a un accidente cardiovascular (n=1). Todas las participantes que iniciaron el estudio y completaron la intervención, no manifestaron ningún evento adverso debido a las intervenciones propuestas.

La edad media de los grupos fue de  $77,05 \pm 7,19$  años en el GC,  $76,88 \pm 7,4$  años en el GP y  $77,85 \pm 5,99$  años en el GM. En cuanto al consumo de fármacos, los tres grupos tomaron de media 4 pastillas diarias (GC 3,98; GP 3,75 y GM 4,08 pastillas/día). La asistencia de los dos grupos que realizaron ejercicio fue muy similar, en el GP  $87,61 \pm 8,02$  % y en el GM fue del  $86,32 \pm 13,41$  %. Se midió la satisfacción que habían tenido las participantes en los dos programas de ejercicio y en ambos grupos se ha obtenido valores similares,  $9,44 \pm 0,94$  puntos en GP y  $9,42 \pm 1,12$  puntos en GM sobre 10.

**FIGURA 15.** Diagrama de flujo de la distribución de participantes a lo largo de la intervención.



Se ha realizado el análisis descriptivo de las variables sociodemográficas y dependientes iniciales de las variables que se utilizan para el análisis. Se ha expresado con la media, la desviación estándar, la mediana y el rango intercuartílico y se ha analizado sobre la muestra total inicial (Tabla 10.).

**TABLA 10.** Media, desviación estándar, mediana y rango intercuartílico de los valores basales.

	GRUPO CONTROL (n=40)				GRUPO POTENCIA (n=40)				GRUPO MIXTO (n=40)			
	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR
<b>Edad</b>	77,05	7,19	77,5	10	76,88	7,4	76	12	77,85	5,99	78	9
<b>Nº pastillas</b>	3,98	2,93	4	3	3,75	2,64	3,5	3	4,08	2,34	3	4
<b>Estatura</b>	1,51	0,06	1,51	0,1	1,53	0,08	1,54	0,09	1,52	0,07	1,52	,09
<b>Peso</b>	63,92	10,02	62,2	12,3	68,91	12,15	68,4	14,3	63,82	10,71	62,5	16,5
<b>Peri. abd.</b>	94,07	10,20	90,85	14,4	100	11,32	99,85	13,7	96,16	8,95	96,4	14,2
<b>% grasa</b>	39,23	6,78	40,95	9,2	40,43	8,21	42,05	11,3	39,82	6,73	41,2	9,2
<b>Gr. visceral</b>	11,20	2,95	11	4	12,53	3,19	12	5,00	10,98	3,07	11	6
<b>% MT</b>	25,24	3,49	24,9	5,2	24,56	3,40	23,7	3,80	24,81	2,65	24,65	3,7
<b>ASM</b>	16,83	2,59	16,1	2,3	17,62	3,14	16,95	3,60	16,60	2,18	16,75	2,7
<b>SMI</b>	7,34	0,99	7,27	1,3	7,45	0,95	7,31	1,42	7,22	0,74	7,18	1,17
<b>IMC</b>	27,99	4,52	27,66	5,7	29,22	4,33	28,79	5,17	27,78	4,23	27,1	7,3
<b>GS</b>	1,28	0,19	1,24	0,3	1,26	0,2	1,21	0,23	1,24	0,19	1,19	,15
<b>TUG</b>	10,25	2,02	9,55	2,6	10,78	2,84	10,19	2,46	10,00	1,98	9,83	1,9
<b>5STS</b>	15,08	3,36	15,38	5,5	14,82	3,20	14,93	4,88	14,56	2,81	15,04	4,28
<b>E. SPPB</b>	3,55	0,9	4	0	3,58	0,71	4	1	3,65	0,66	4	1
<b>V. SPPB</b>	3,73	0,55	4	0	3,68	0,66	4	1	3,93	0,27	4	0
<b>F. SPPB</b>	2,28	1,06	2	2	2,3	1,11	2	1	2,30	0,88	2	1
<b>SPPB total</b>	9,55	1,75	10	2	9,55	1,48	10	2	9,88	1,11	10	2
<b>HG dcha</b>	14,72	4,55	15	4,9	14,56	5,32	13	5,3	13,43	3,52	12,55	5,3
<b>HG izq</b>	14,79	4,50	13,9	6,5	15,41	5,43	14,85	7,4	13,23	3,81	12,5	4,8
<b>HG domi.</b>	14,99	3,98	15,05	4,3	14,55	5,02	13,2	4,9	13,57	3,29	12,6	4,2
<b>ADR V.</b>	0,47	0,11	0,49	0,2	0,48	0,11	0,5	0,15	0,49	0,11	0,48	,15
<b>ADR P.</b>	9,15	2,23	9,6	3,2	9,5	2,29	9,65	3,10	9,67	2,10	9,2	2,5
<b>TME2'</b>	75,45	14,76	74	19	84,03	16,93	81	24	76,28	19,41	74	29
<b>Sarc-F</b>	1,35	1,55	1	2	1,81	1,39	2	1,8	1,86	1,33	2	2
<b>Asistencia satisfacción</b>					87,80	8,05	89	12	88,66	10,19	91,5	10
					9,44	0,94	10	1	9,42	1,12	10	0

Nota: Me: mediana; n: tamaño muestral; nº: número; s: desviación estándar;  $\bar{x}$ : aritmética de medios; %: porcentaje; 5STS: Prueba de cinco repeticiones de sentarse y pararse; ASM: masa muscular apendicular; E: equilibrio; F: fuerza; GS: velocidad de marcha; Gr: grasa; HG: hand grip; IMC: índice de masa corporal; IQR: recorrido intercuartílico MT: masa muscular total; ASM: masa muscular apendicular; SMI: índice de masa muscular apendicular SBBP: Short Physical Performance Battery; P: potencia; Peri. Abd: perímetro abdominal; SMI: índice de masa muscular apendicular; TUG: TimedUp&Go; TME2': Two-Minute Step Test; V: velocidad.

Se observó la distribución en las gráficas de todas las variables basales y prácticamente todas seguían una distribución normal (p-valores>0,05). Sin embargo, las variables de SPPB (velocidad, fuerza, equilibrio y total) presentaban distribuciones alejadas de la normalidad en los tres grupos (p-valores<0,001), lo que indica un análisis de normalidad altamente significativo.

Se realizó el contraste de Levene para comprobar la homogeneidad de la varianza en todas las variables basales y solo se detectó diferencia de varianzas en la velocidad SPPB ( $p$ -valor $<0,001$ ). Por lo tanto, los análisis de la varianza para comprobar si los grupos son homogéneos son válidos. En el caso de las 4 variables SPBB, se realizaron contrastes no paramétricos (análisis de Kruskal-Wallis), por lo tanto, no hay motivos para preocuparse por la no homogeneidad de variaciones en la variable velocidad SPPB.

Tras realizar un análisis de la varianza entre los tres grupos para todas las variables, ninguna variable resultó significativa, lo que indica que la aleatorización ha funcionado y los tres grupos son comparables al inicio del estudio (Tabla 11.).

**TABLA 11.** Estudio de la normalidad de las variables dependientes e independientes

Variable	Sig. intergrup	Variable	Sig. intergrup
Edad	,797	V. SPPB*	,085
Nº pastillas	,854	F. SPPB*	,960
Estatura	,329	SPPB total*	,643
Peso	,065	HG dcha	,384
Peri. abd.	,055	HG izq	,100
% grasa	,762	HG domi.	,300
Gr. visceral	,055	ADR V.	,503
% MT	,636	ADR P.	,564
ASM	,203	ADR distancia	,114
SMI	,511	TME2'	,051
IMC	,283	Caídas	,517
GS	,558	Sarc-F	,304
TUG	,314	Asistencia	,126
5STS	,754	Satisfacción	,726
E. SPPB*	,857		

Sig.: significación; \*: análisis no paramétrico Kruskal-Wallis; %: porcentaje; 5STS: Prueba de cinco repeticiones de sentarse y pararse; ASM: masa muscular apendicular; E: equilibrio; F: fuerza; GS: velocidad de marcha; Gr: grasa; HG: hand grip; IMC: índice de masa corporal; MT: masa muscular total; ASM: masa muscular apendicular; SMI: índice de masa muscular apendicular SBBP: Short Physical Performance Battery; P: potencia; Peri. Abd: perímetro abdominal; SMI: índice de masa muscular apendicular; TUG: TimedUp&Go; TME2': Two-Minute Step Test; V: velocidad.

Se han identificado los puntos de corte de las variables TUG, HG, 5STS y SPPB que indican fragilidad o sarcopenia, y se ha realizado un análisis de la varianza de dichas variables dicotómicas (fragilidad o presarcopenia = sí o no) para comprobar si existen diferencias entre los grupos. Los resultados indican que no se han encontrado diferencias significativas de los

valores basales entre los grupos en cuanto al grado de fragilidad y sarcopenia (p-valorTUG=0,247; p-valorSPPB=0,847; p-valor5STS=0,475 y p-valorHG=0,134), lo que sugiere que los grupos son homogéneos y comparables.

### 6.3 Resultados grado de sarcopenia

Se han realizado análisis mediante Chi cuadrado para valorar la prefragilidad y el grado de sarcopenia de forma categórica. Se ha realizado el test de McNemar para determinar si existe una diferencia significativa en las frecuencias de las variables que indican fragilidad y presarcopenia (TABLA 12.).

En cuanto a cambios en la fragilidad, no se han observado resultados estadísticamente significativos (p-valores>0,05). Tanto en la fragilidad de TUG (p-valor=0,832) como en SPPB (p-valor=0,791), no se ha conseguido modificar su estado de fragilidad con las intervenciones propuestas, y no se han observado cambios entre los grupos.

Respecto a las variables que miden el grado de sarcopenia, sí se han encontrado comportamientos diferentes. Tanto el HG como el 5STS han obtenido resultados estadísticamente significativos al comparar entre los tres grupos (p-valores<0,05).

**TABLA 12.** Frecuencias de las variables que marcan riesgo de fragilidad y sarcopenia.

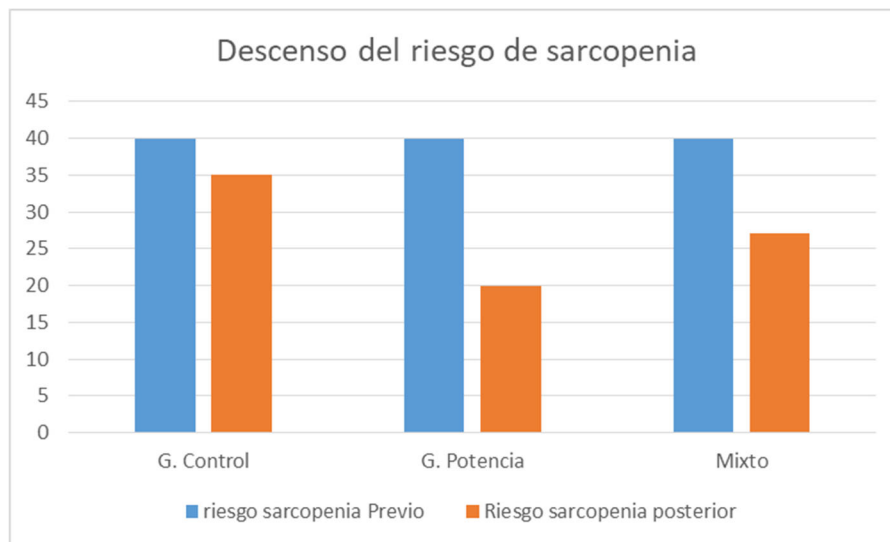
		CONTROL		POTENCIA		MIXTO		McNemar
		PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	
<b>TUG</b>	Frágil	8	9	8	5	3	2	,832
	No Frágil	32	25	32	31	37	34	
<b>SPPB</b>	Frágil	7	7	5	2	5	2	,791
	No Frágil	33	27	35	34	35	34	
<b>5STS</b>	Frágil	25	23	20	15	20	14	<,001**
	No Frágil	15	11	20	25	20	22	
<b>HG</b>	Frágil	25	23	28	15	33	22	,020*
	No Frágil	15	11	12	21	7	14	

\*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; TUG: TimedUp&Go; 5STS: Five-Repetition-Sit-To-Stand Test; HG: hand grip; SPPB: short physical performance battery.

El 50% de las mujeres que han realizado el PT han eliminado la posibilidad de sufrir sarcopenia. De las 40 personas que estaban en riesgo de sarcopenia en el GP, 20 mujeres han conseguido mejorar los valores de fuerza y obtener valores de HG y 5STS correctos para afirmar que no están en riesgo de sufrir sarcopenia. También 13 mujeres del GM han logrado no tener riesgo de sufrir sarcopenia (FIGURA 16).

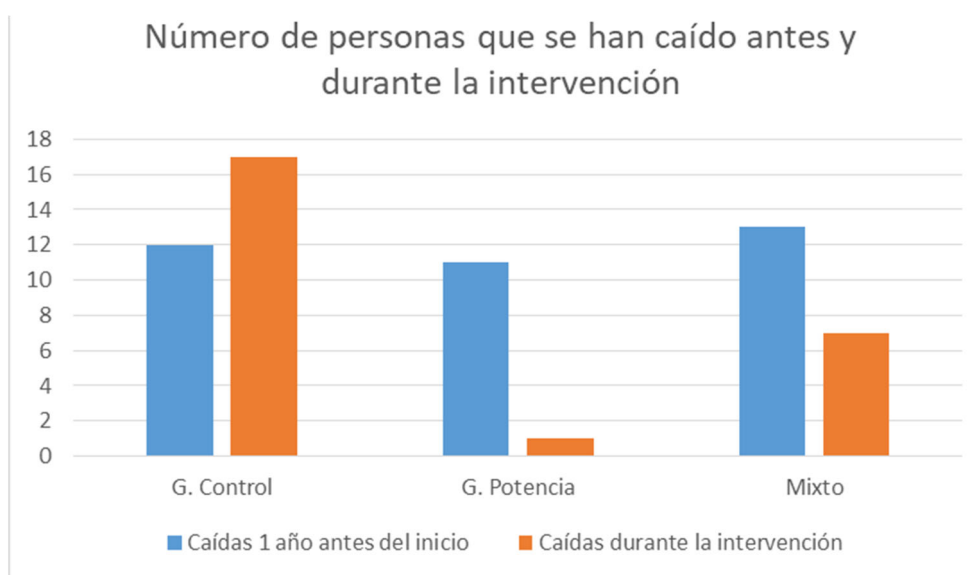


**FIGURA 16.** Número de personas con riesgo de sarcopenia tras la intervención en los tres grupos.



Respecto a las caídas, se han obtenido diferencias significativas entre los grupos ( $p$ -valor $<0,001$ ). En el GP, se ha logrado prácticamente eliminar el número de caídas. De las 11 personas que se habían caído antes del inicio de la intervención, solo una persona ha sufrido una caída mientras realizaba PT. Además, se observa una disminución en el número de caídas en el GM, a pesar de que este descenso no es tan evidente, se ha logrado reducir la incidencia de caídas de 13 a 7 personas. Por otro lado, en el grupo que no realiza ejercicio físico, se observa un aumento en el número de caídas durante el período de intervención pasando de 12 a 17 personas (FIGURA 17).

**FIGURA 17.** Numero de caídas antes y después de la intervención por grupos.



## 6.4 Resultados de composición corporal

Se ha realizado también un estudio de la normalidad y la homogeneidad de varianzas para observar cuál de los grupos obtiene los resultados más significativos (TABLA 13.). Se puede observar que las variables del GC obtiene resultados estadísticamente significativos respecto a los otros dos en la diferencia del peso, ASM y SMI (p-valores<0,05). Sobre la grasa visceral y el %MT se han obtenido diferencias muy significativas tanto en el GC y GP (p-valores<0,001). Únicamente se obtienen resultados estadísticamente significativos en el GM para las variables de BF% (p-valores<0,001). En cuanto al estudio de la homogeneidad de varianzas se observa que todas las variables son homogéneas.

**TABLA 13.** Test de normalidad y de homogeneidad de las diferencias de las variables de composición corporal tras la intervención.

DIFERENCIAS PREPOST	Test de normalidad (Kolmogorov-Smirnov)			Test de homogeneidad de varianzas
	G. CONTROL	G. POTENCIA	G. MIXTO	LEVENE
<b>Peso</b>	,031	,200	,200	,403
<b>Peri. abd.</b>	,002*	,200	,200*	,080
<b>% grasa</b>	,200	,200	<,001**	,653
<b>Gr. visceral</b>	<,001**	<,001**	,002*	,653
<b>% MT</b>	<,001**	<,001**	,145	,693
<b>ASM</b>	<,001**	,193	,200	,505
<b>SMI</b>	<,001**	,057	,200	,556
<b>IMC</b>	,058	,195	,200	,408

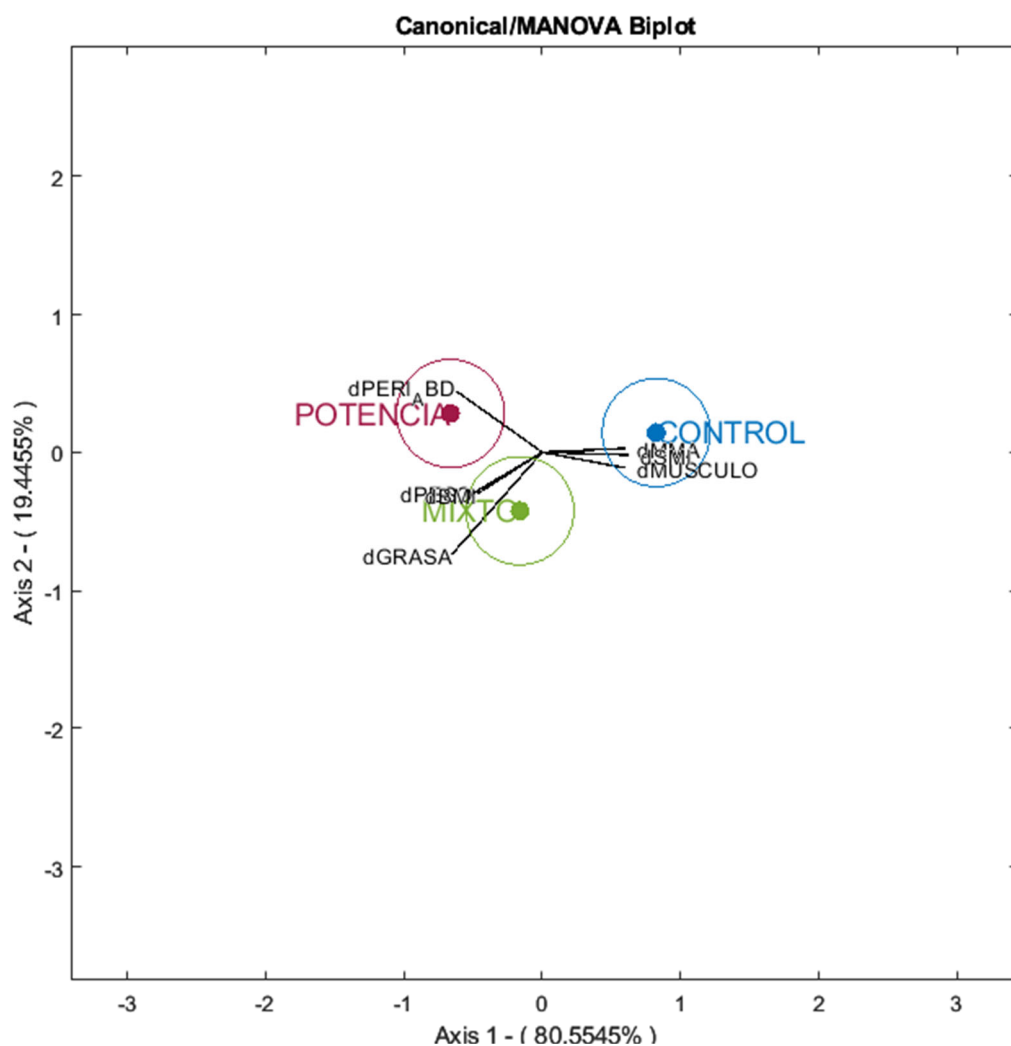
\*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; Peri. Abd; perímetro abdominal; Gr: grasa; %: porcentaje; MT: masa muscular total  
ASM: masa muscular apendicular; SMI: índice de masa muscular apendicular; IMC: índice de masa corporal.

Los resultados del análisis multivariado indican diferencias altamente significativas entre los grupos (Lambda de Wilks; valor de p <0,001) según lo determinado por MANOVA. Un análisis más detallado utilizando el biplot canónico reveló que el plano de mayor separación entre grupos representó el 100% de la variabilidad, donde el eje 1 representó el 78,94% de la variabilidad y el eje 2 representó el 21,06% (FIGURA 19.).

Los círculos de confianza corregidos por Bonferroni no se superpusieron, lo que indica diferencias significativas entre el grupo de control y los otros grupos en la mayoría de las variables. En concreto, el GC mostró diferencias en las variables de %MT, ASM y SMI, que son variables del eje uno, pero no hubo diferencias entre los dos grupos de intervención.

En cuanto al perímetro abdominal, el GP difería de los otros dos grupos, pero no se detectaron diferencias entre el GM y GC. Del mismo modo, hubo diferencias en las variables grasa, grasa visceral, peso e IMC entre el GC y los grupos de intervención, pero no se detectaron diferencias entre los propios grupos de intervención. Estos hallazgos sugieren que la intervención tuvo un impacto significativo en las variables medidas, particularmente en comparación con el grupo de control. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud.

**FIGURA 18.** Biplot canónico de las variables de composición corporal.



En la TABLA 14. se presentan las diferencias de medios y desviaciones estándar de las variables de composición corporal. Es importante destacar que los valores positivos indican una disminución en el valor de la variable, mientras que los valores negativos indican un aumento en el valor de la variable.

**TABLA 14.** Diferencia de las medias y desviaciones estándar de las variables de composición corporal y análisis de la varianza.

	G. CONTROL		G. POTENCIA		G. MIXTO		ANOVA
	Dif. $\bar{x}$	s	Dif. $\bar{x}$	s	Dif. $\bar{x}$	s	
<b>Peso</b>	0,06	2,68	1,79	2,02	1,69	2,42	,002*
<b>Peri. abd.</b>	-0,73	4,13	4,49	5,08	1,20	5,37	<,001**
<b>% grasa</b>	0,51	3,22	4,15	3,59	4,95	4,32	<,001**
<b>Gr. visceral</b>	-0,63	1,17	0,58	1,62	0,35	1,51	<,001**
<b>% MT</b>	0,21	2,29	-1,68	2,03	-0,89	1,43	<,001**
<b>ASM</b>	0,45	1,73	-0,74	1,04	-0,36	0,72	<,001**
<b>SMI</b>	0,18	0,46	-0,33	0,45	-0,15	0,32	<,001**
<b>IMC</b>	0,08	1,13	0,77	0,83	0,75	1,05	,003*

Nota: Dif.  $\bar{x}$ : diferencias de las medias; s, desviación estándar; \*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; Peri. Abd; perímetro abdominal; Gr: grasa; %: porcentaje; %MT: % masa muscular total; ASM: masa muscular apendicular; SMI: índice de masa muscular apendicular; IMC: índice de masa corporal;

En relación al peso, se observa la mayor diferencia en el GP, con una disminución de  $1,79 \pm 2,02$  Kg, seguido de cerca por el GM con una disminución de  $1,69 \pm 2,42$  Kg. En el GC, el peso se mantiene prácticamente sin cambios, con una pérdida de  $0,06 \pm 2,68$  Kg.

En cuanto al perímetro abdominal, nuevamente se observa una mayor disminución en el GP, con una reducción de  $4,49 \pm 5,08$  cm. El GM muestra una disminución de  $1,2 \pm 5,37$  cm, mientras que en el GC se observa un aumento de  $0,73 \pm 4,13$  cm en el perímetro abdominal.

Respecto al porcentaje de grasa corporal, se observa una mejora mayor en el GM en comparación con el GP. Ambos grupos experimentaron una disminución significativa en el porcentaje de grasa corporal, con valores de  $4,95 \pm 4,32$  % y  $4,15 \pm 3,59$  % respectivamente. En el GC, también se observa una ligera disminución en el porcentaje de grasa corporal, con un valor de  $0,51 \pm 3,22$  %.

Sobre la grasa visceral, se observa una mayor disminución en el GP ( $0,58 \pm 1,62$  puntos) en comparación con el GM ( $0,35 \pm 1,51$  puntos), mientras que en el GC se observa un aumento en la grasa visceral ( $0,63 \pm 1,17$  puntos).

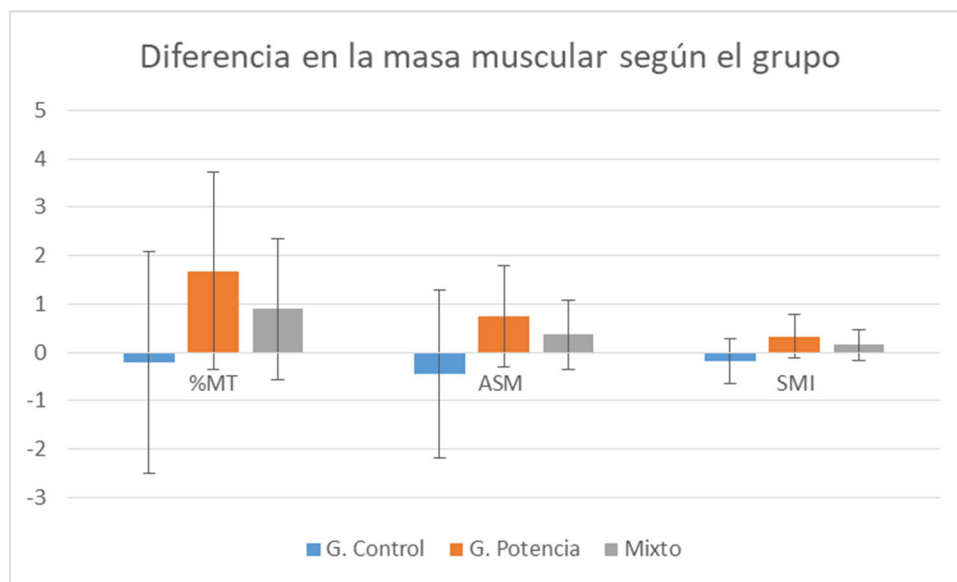
En lo que respecta al músculo, se observa una clara tendencia favorable en el GP (FIGURA 18.). Se han observado mayores mejoras en la masa muscular en el GP en comparación con el GM. Las participantes del GP presentan un aumento de la masa muscular (%MT =  $-1,68 \pm 2,03$  %; ASM =  $-0,74 \pm 1,04$  Kg; SMI =  $-0,33 \pm 0,45$  Kg/m<sup>2</sup>). En el GM, también se observa una ganancia de masa muscular (%MT =  $-0,89 \pm 1,43$  %; ASM =  $-0,36 \pm 0,72$  Kg; SMI =  $-0,15 \pm 0,32$

Kg/ m<sup>2</sup>). En cambio, en el GC se observa una pérdida generalizada de masa muscular (%MT =  $0,21 \pm 2,29$  %; ASM =  $0,45 \pm 1,72$  Kg; SMI =  $0,18 \pm 0,66$  Kg/m<sup>2</sup>).

En cuanto al IMC, se observa una disminución en los tres grupos, siendo mayor en el GP ( $0,77 \pm 0,83$  Kg/m<sup>2</sup>), seguido por el GM ( $0,75 \pm 1,05$  Kg/m<sup>2</sup>) y el GC ( $0,08 \pm 1,13$  Kg/m<sup>2</sup>).

Al evaluar las diferencias de las variables entre los tres grupos mediante ANOVA, se han obtenido diferencias significativas en todas las variables de composición corporal (p-valores<0,05).

**FIGURA 19.** Diferencia de medias de las variables de masa muscular entre los grupos tras la intervención



Se ha comprobado también las diferencias entre cada uno de los diferentes grupos mediante el contraste de Bonferroni (TABLA 15.). Se han observado diferencias significativas de todas las variables del GP y GM respecto al GC (p-valores<0,05) excepto en el perímetro abdominal. No se ha conseguido demostrar una diferencia entre el GM y GC en esta variable (p-valor=,243).

En cuanto a las diferencias entre el GP y el GM se ha obtenido diferencias estadísticamente significativas en el perímetro abdominal (p-valor=,010). En el resto de variables de composición corporal no se ha demostrado una diferencia significativa entre los dos grupos (pvalorGr.Visc=1,000; pvalorIMC=1,000; pvalorIPeso=1,000; pvalorGrasa=1,000; pvalor%MT=,218; pvalorASM=,535; y pvalorSMI=,342).

**TABLA 15.** Comparaciones de los resultados de las variables de composición corporal obtenidas entre cada grupo mediante contraste de Bonferroni.

Variable	Comparación de grupos		Dif. $\bar{x}$	Sig.
<b>Peso</b>	Control	Potencia	-1,733	,005*
		Mixto	-1,628	,009*
	Potencia	Control	1,733	,005*
		Mixto	0,105	1,000
	Mixto	Control	1,628	,009*
		Potencia	-0,105	1,000
<b>% grasa</b>	Control	Potencia	-3,648	<,001**
		Mixto	-4,440	<,001**
	Potencia	Control	3,648	<,001**
		Mixto	-0,793	1,000
	Mixto	Control	4,440	<,001**
		Potencia	0,793	1,000
<b>Gr. Visceral</b>	Control	Potencia	-1,200	<,001**
		Mixto	-0,975	,009*
	Potencia	Control	1,200	<,001**
		Mixto	0,225	1,000
	Mixto	Control	0,975	,009*
		Potencia	-0,225	1,000
<b>Peri. Abd.</b>	Control	Potencia	-5,210	<,001**
		Mixto	-1,923	,243
	Potencia	Control	5,210	<,001**
		Mixto	3,289	,010*
	Mixto	Control	1,923	,243
		Potencia	-3,289	,010*
<b>% MT</b>	Control	Potencia	1,885	<,001**
		Mixto	1,095	,040*
	Potencia	Control	-1,885	<,001**
		Mixto	-0,790	,218
	Mixto	Control	-1,095	,040*
		Potencia	0,790	,218
<b>ASM</b>	Control	Potencia	1,185	<,001**
		Mixto	,810	,012
	Potencia	Control	-1,185	<,001**
		Mixto	-0,375	,535
	Mixto	Control	-,810	,012*
		Potencia	0,375	,535
<b>SMI</b>	Control	Potencia	,505	<,001**
		Mixto	,3278	,012
	Potencia	Control	-,505	<,001*
		Mixto	-0,177	,342
	Mixto	Control	-,328	,012*
		Potencia	0,177	,342
<b>IMC</b>	Control	Potencia	-,689	,008*
		Mixto	-,663	,012*
	Potencia	Control	,689	,008*
		Mixto	0,026	1,000
	Mixto	Control	,663	,012*
		Potencia	-0,026	1,000

Nota: Dif.  $\bar{x}$ : diferencias de las medias; s, desviación estándar; \*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; Peri. Abd; perímetro abdominal; Gr: grasa; %: porcentaje; ASM: masa muscular apendicular; SMI: índice de masa muscular apendicular; IMC: índice de masa corporal;

## 6.5 Resultados de funcionalidad

En primer lugar, se realizó un análisis de la normalidad y homogeneidad de varianzas para determinar la disparidad de resultados entre los grupos (TABLA 16.). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables del GC en comparación con los otros dos grupos, específicamente en la diferencia de HG izquierda (p-valores<0,05). En cuanto a las variables del SPPB (equilibrio, velocidad y fuerza), se encontraron diferencias altamente significativas entre los tres grupos (p-valores<0,001). En el caso de TUG, se observaron diferencias significativas tanto en el GC como en el GP (p-valores<0,05). En el GP, se obtuvieron resultados estadísticamente significativos en las variables de GS, 5STS y ADR V (p-valores<0,05). En el GM, solo se encontraron diferencias significativas en la variable de HG dominante en comparación con los otros grupos (p-valor=0,035). En cuanto al análisis de homogeneidad de varianzas, se observará que todas las variables eran homogéneas (pvalores>0,05), excepto en la diferencia de velocidad del SPPB.

**TABLA 16.** Test de normalidad y de homogeneidad de las diferencias de las variables de funcionalidad tras la intervención.

PREPOST	Test de normalidad (Kolmogorov-Smirnov)			Test de homogeneidad de varianzas
	G. CONTROL	G. POTENCIA	G. MIXTO	LEVENE
GS	,200	<,001**	,200	,330
TUG	,016*	<,001**	,161	,463
5STS	,059	,006*	,200	,990
E. SPPB*	<,001**	<,001**	<,001**	,394
V. SPPB*	<,001**	<,001**	<,001**	,002
F. SPPB*	<,001**	<,001**	<,001**	,311
SPPB total*	<,001**	<,001**	<,001**	,366
HG dcha	,134	,200	,093	,127
HG izq	<,001**	,200	,200	,491
HG domi.	,154	,200	,035*	,374
ADR V.	,200	,012*	,200	,177
ADR P.	,200	,066	,200	,063
ADR distancia	,200	,200	<,001**	,187
TME2'	,004*	,200	,200	,449
Sarc-F	,200	<,001**	0,084	,572

Dif.  $\bar{x}$ : diferencias de las medias; s, desviación estándar; \*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; GS: velocidad de la marcha; V: velocidad; TUG: TimedUp&Go; 5STS: Five-Repetition-Sit-To-Stand Test; E: equilibrio; F: fuerza; HG: hand grip; P: potencia; HG: hand grip; dcha: derecha; izq: izquierda; TME2': Two-Minute Step Test.

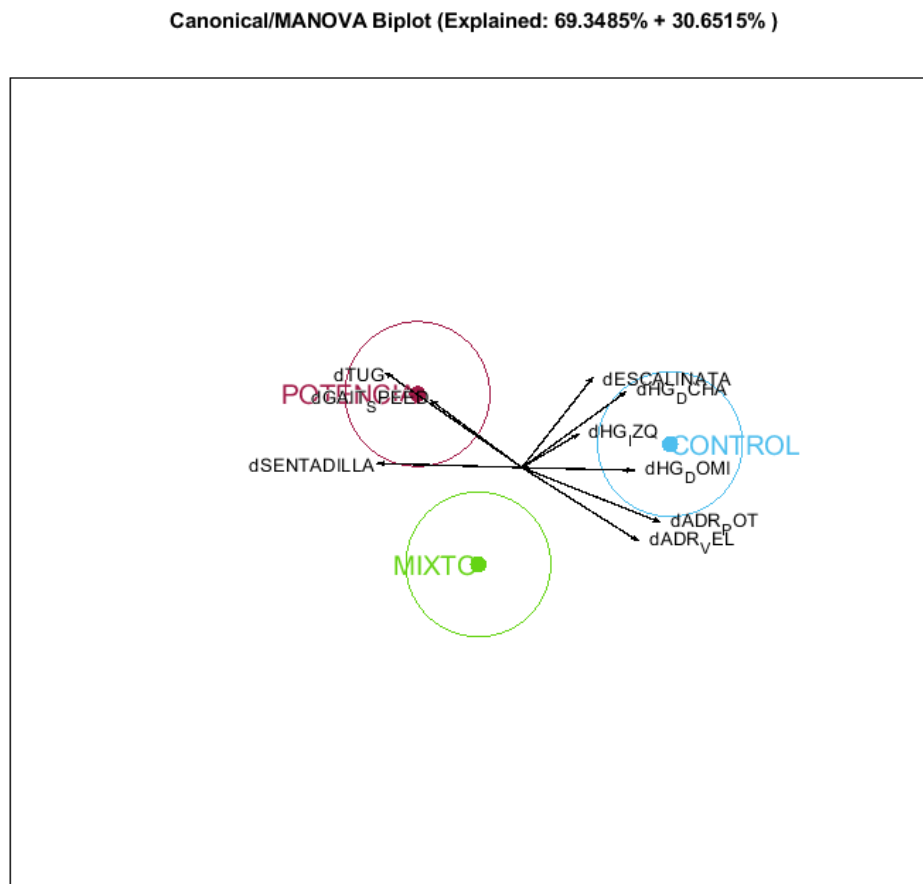
Al realizar el MANOVA se incluyeron solo las pruebas funcionales. Los resultados del MANOVA muestran que al realizar el análisis con todas las variables excepto las SPPB, se obtienen resultados altamente significativos ( $p\text{-valor} < 0,001$ ). Además, al observar la representación del biplot canónico, se puede observar que el plano absorbe el 100% de la variabilidad, el primer eje con un 69,35% y el segundo eje un 30,65% (FIGURA 22.). El primer eje discrimina al grupo de control de los grupos de intervención, mientras que el segundo eje diferencia al grupo de potencia del grupo mixto, con el grupo de control ocupando una posición intermedia.

Al analizar las variables, se observa que el grupo de control muestra cambios significativos en términos medios en las tres variables HG. En el caso de la variable HG izq., la variabilidad es menor y al proyectar los círculos como intervalos, se puede ver que los tres intervalos se entrecruzan, lo que indica que no hay diferencias significativas en los cambios entre los tres grupos. En la variable HG de la mano dominante se observa una diferencia significativa entre el grupo de control y los otros dos grupos, mientras que en la variable HG dcha. hay diferencias entre el GC y el GM, pero no con el GP. Los cambios medios en TME2' están relacionados con HG dcha. y su comportamiento con respecto a las diferencias entre grupos es muy similar.

Por otro lado, las variables ADR están relacionadas en términos medios y en ambas se detectan diferencias entre el GC y el GM frente al GP. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre el GC y el GM. Los cambios en las variables TUG y GS están inversamente relacionados con las variables ADR y se encuentran diferencias significativas entre el GP y los GC y GM. En este caso, los cambios medios son mayores en el GP en comparación con el GM, mientras que los cambios medios en las variables ADR son bajos en el GP.

Finalmente, la variable 5STS se correlaciona negativamente con las variables a su derecha y se observan diferencias significativas entre el GC y los GP y GM.



**FIGURA 20.** Biplot canónico de las variables de funcionalidad.

En la TABLA 17 se presentan las diferencias medias de las variables cuantitativas de resultado de funcionalidad, junto con su desviación estándar. Es importante tener en cuenta que los valores positivos indican un descenso en el valor de la variable, mientras que los valores negativos indican un aumento en el valor de la variable.

**TABLA 17.** Diferencia de las medias y desviaciones estándar de las variables de funcionalidad análisis de la varianza.

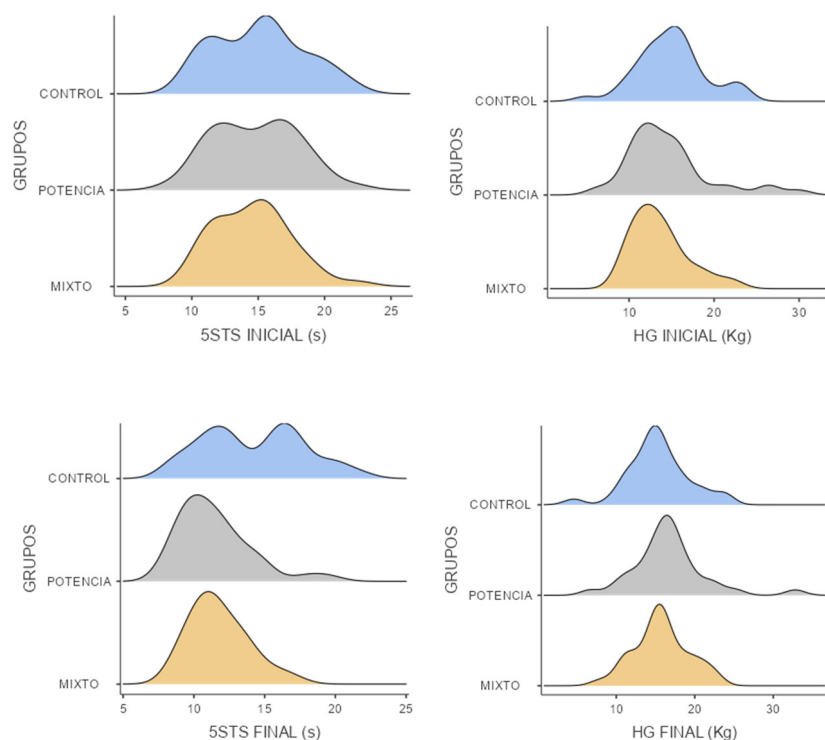
	G. CONTROL		G. POTENCIA		G. MIXTO		ANOVA
	Dif. $\bar{x}$	s	Dif. $\bar{x}$	s	Dif. $\bar{x}$	s	
GS	0,03	0,10	0,13	0,17	0,07	0,14	,007*
TUG	-0,78	1,43	0,93	1,86	-0,14	1,25	<0,001**
5STS	0,77	2,14	3,23	2,50	2,59	2,46	<0,001**
HG dcha	-0,65	2,11	-2,25	2,31	-2,71	3,25	<0,001**
HG izq	-1,30	2,94	-2,33	2,84	-2,51	3,43	,173
HG domi.	-0,58	2,32	-2,48	2,19	-1,99	2,83	,002
ADR V.	-0,01	0,06	-0,09	0,10	-0,04	0,10	<0,001**
ADR P.	0,02	1,15	-1,80	1,95	-0,94	1,94	<0,001**
ADR dist.	0,84	6,26	0,34	6,28	2,65	4,97	<0,001**
TME2'	-9,15	17,49	-15,05	14,67	-19,93	17,18	,016
Sarc-F	0,03	1,59	0,56	1,33	0,36	1,93	<0,001**

Dif.  $\bar{x}$ : diferencias de las medias; s, desviación estándar; \*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; GS: velocidad de la marcha; V: velocidad; TUG: TimedUp&Go; 5STS: Five-Repetition-Sit-To-Stand Test; HG: hand grip; P: potencia; dist:distancia. dcha: derecha; izq: izquierda; TME2': Two-Minute Step Test.

En relación a los resultados obtenidos en las variables principales, se observa una tendencia a la mejora en los grupos de intervención (FIGURA 20.). En el 5STS se observa una disminución en todos los grupos en el tiempo de realización de la prueba. El grupo GP muestra la mayor disminución ( $3,23 \pm 2,5s$ ), seguido por el GM ( $2,59 \pm 2,46s$ ) y finalmente el GC ( $0,76 \pm 2,14s$ )

En cuanto a la fuerza de agarre (HG), se han encontrado resultados contradictorios. Por un lado, el HG de la mano dominante, el grupo GP muestra un aumento mayor ( $-2,48 \pm 2,19$  Kg), seguido por el GM ( $-1,99 \pm 2,83$  Kg) y finalmente se observa una ligera mejora en el GC ( $-0,58 \pm 2,32$  Kg). Sin embargo, al analizar la media de HG en ambas manos, el GM obtiene los mejores valores, tanto en la mano derecha ( $-2,71 \pm 3,25$  Kg) como en la izquierda ( $-2,51 \pm 3,43$  Kg). El grupo GP muestra valores inferiores a estos en la mano derecha ( $-2,25 \pm 2,31$  Kg) e izquierda ( $-2,33 \pm 2,84$  Kg). En cuanto al GC, se observan ganancias de fuerza ligeramente superiores en la mano izquierda ( $-1,30 \pm 2,94$  Kg) en comparación con la derecha ( $-0,65 \pm 2,11$  Kg). Se ha encontrado una diferencia significativa en el test de 5STS y en la fuerza de agarre de la mano derecha y dominante ( $p$ -valores $<0,05$ ). Sin embargo, no se han obtenido resultados estadísticamente significativos en la fuerza de agarre de la mano izquierda ( $p$ -valor=0,173).

**FIGURA 21.** Densidad de las variables principales que marcan el estado de presarcopenia antes y después de la intervención.



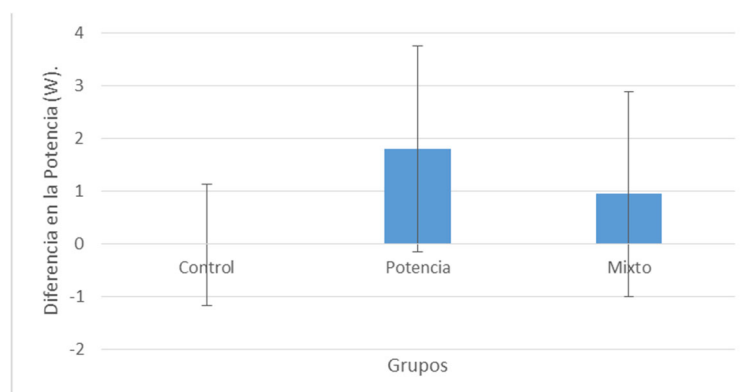
Respecto al GS, en todos los grupos se observa una disminución en la velocidad. El GC muestra un descenso de tan solo  $0,04 \pm 0,1$  m/s, mientras que el GM ha conseguido un descenso ligeramente superior de  $0,07 \pm 0,14$  m/s. El grupo que experimentó el mayor aumento de velocidad fue el GP, con una diferencia de  $0,13 \pm 0,17$  m/s.

En el TUG, solo el grupo GP ha observado un descenso en el tiempo, con una disminución de  $0,93 \pm 1,86$  segundos. Tanto en el GM como en el GC se ha observado un aumento en el tiempo, con incrementos de  $0,14 \pm 1,24$  segundos y  $0,08 \pm 1,43$  segundos respectivamente.

En el TME2', se han obtenido aumentos muy similares tanto en el grupo GP como en el GM, con  $15,05 \pm 14,67$  repeticiones y  $14,71 \pm 16,95$  repeticiones respectivamente. Se ha observado un descenso de  $9,15 \pm 17,49$  repeticiones. En el Sarc-f, el GP ha conseguido disminuir  $0,56 \pm 1,33$  puntos, seguido del GM con  $0,36 \pm 1,93$  puntos y el GC con  $0,03 \pm 1,59$  puntos.

Respecto a la velocidad de la sentadilla, el GC prácticamente no se ha observado ningún cambio, con un aumento de tan solo  $0,01 \pm 0,06$  m/s. Se observa un mayor ascenso en el grupo GP, con un aumento de  $0,09 \pm 0,1$  m/s, que en el GM ( $0,04 \pm 0,1$  m/s). En cuanto a la potencia, en el GC se ha observado una ligera pérdida medida por el codificador, con un descenso de  $0,02 \pm 1,15$  vatios (W). Se reproduce el mismo patrón en el GP, con un aumento superior de  $1,8 \pm 1,95$  W, y ligeramente inferior en el GM, con un aumento de  $0,94 \pm 1,94$  W (FIGURA 21.). En relación a la distancia de la sentadilla, el grupo que experimentó el mayor cambio fue el GM, con un aumento de  $2,65 \pm 4,97$  cm, seguido por el GC con  $0,84 \pm 6,26$  cm, y por último el GP con  $0,34 \pm 6,28$  cm.

**FIGURA 22.** Cambio sobre la potencia del perfil fuerza/velocidad en los tres grupos tras la intervención.



Se puede observar que existen diferencias muy significativas entre los tres grupos tras realizar el análisis de la varianza en TUG, 5STS, HG dcha, ADR V, ADR P y ADR distancia (p-valores < 0,001). También se han obtenido resultados estadísticamente significativos en GS, HG dominante y en el TME2' (p-valores < 0,05). No se han obtenido resultados estadísticamente significativos en HG de la mano izquierda (p-valor = ,173).

Para las variables SPPB, tras realizar el Test de Krustal-Wallis, se han obtenido resultados estadísticamente significativos en la fuerza (p-valor < 0,001), la velocidad (p-valor < 0,001) y el test completo SPPB (p-valor = 0,003). Sin embargo, en el equilibrio SPPB no se han encontrado diferencias estadísticas entre los tres grupos (p-valor = 0,399).

Se ha realizado la prueba de Dunn para comprobar las diferencias entre los cambios medianos en las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas (TABLA 18.). No se encontraron diferencias entre los grupos GP y GM. Por otro lado, se encontraron diferencias en todas las variables entre los grupos GP y GC (p-valores < 0,001). Entre los grupos GM y GC, se encontraron diferencias en el SPPB total y en la fuerza (p-valores < 0,05).

**TABLA 18.** Análisis de la diferencia de los cambios de la mediana.

Test de Dunn	F. SPPB.	V. SPPB	SPPB total
potencia-mixto	,953	,124	,088
potencia-control	,001**	,001**	,000**
mixto-control	,001**	,067	,002*

\*: pvalor < 0,05; \*\*: pvalor < 0,001; SPPB: short physical performance battery.

Se han comprobado las diferencias entre cada uno de los grupos mediante el contraste de Bonferroni (TABLA 19.). Se observaron diferencias significativas entre GP y GM en comparación con GC en las variables 5STS, HG dcha, HG domi. y ADR P y Sarc-F (p-valores < 0,05). Sin embargo, no se encontraron diferencias entre GM y GP en estas variables (p-valor<sub>5STS</sub> = 0,700; p-valor<sub>HGdcha</sub> = 1,000; p-valor<sub>HGdomi</sub> = 1,000; p-valor<sub>ADRP</sub> = 0,083; p-valor<sub>Sarc-f</sub> = 0,346).

Se demostraron diferencias significativas entre GC y GP, pero no entre GC y GM, en las variables GS, TUG y ADR V (p-valores < 0,05). En el caso del TME2', se encontraron diferencias entre GC y GM, pero no entre GC y GP (p-valor = 0,13). En estas variables, se encontraron diferencias entre GP y GM en TUG (p-valor = 0,007), y casi se obtuvieron diferencias

estadísticas en ADR V (p-valor = 0,52). No se encontraron diferencias entre ambos grupos en GS (p-valor = 0,125).

No se pudo demostrar una diferencia en el HG de la mano izquierda entre ninguno de los grupos (p-valores > 0,05).

**TABLA 19.** Comparaciones de los resultados de las variables de funcionalidad obtenidos entre cada grupo mediante contraste de Bonferroni.

Variable	Comparación de grupos		Dif. $\bar{x}$	Sig.
<b>GS</b>	Control	Potencia	-,10	,005*
		Mixto	-0,04	,773
	Potencia	Control	0,10	,005*
		Mixto	0,06	,125
	Mixto	Control	0,04	,773
		Potencia	-0,06	,125
<b>TUG</b>	Control	Potencia	-1,71	,000**
		Mixto	-0,64	,193
	Potencia	Control	1,71	,000**
		Mixto	1,07	,007*
	Mixto	Control	0,64	,193
		POTENCIA	-1,07	,007*
<b>5STS</b>	Control	Potencia	-2,46	,000**
		Mixto	-1,82	,002*
	Potencia	Control	2,46	,000**
		Mixto	0,64	,700
	Mixto	Control	1,82	,002*
		Potencia	-0,64	,700
<b>HG dcha</b>	Control	Potencia	1,6	,021*
		Mixto	2,06	,002*
	Potencia	Control	-1,6	,021*
		Mixto	0,47	1,000
	Mixto	Control	-2,06	,002*
		Potencia	-0,47	1,000
<b>HG izq</b>	Control	Potencia	1,02	,421
		Mixto	1,21	,247
	Potencia	Control	-1,02	,421
		Mixto	0,19	1,000
	Mixto	Control	-1,21	,247
		Potencia	-0,19	1,000
<b>HG domi.</b>	Control	Potencia	1,9	,002*
		Mixto	1,41	,035*
	Potencia	Control	-1,9	,002*
		Mixto	-0,49	1,000
	Mixto	Control	-1,41	,035*
		Potencia	0,49	1,000
<b>ADR V.</b>	Control	Potencia	0,081	,000**
		Mixto	0,03	,300
	Potencia	Control	-,081	,000**
		Mixto	-0,05	,052
	Mixto	Control	-0,03	,300
		Potencia	0,05	,052
<b>ADR P.</b>	Control	Potencia	1,82	,000**
		Mixto	0,96	,041*
	Potencia	Control	-1,82	,000**
		Mixto	-0,86	,083

	Mixto	Control	-0,96	,041*
		Potencia	0,86	,083
<b>TME2'</b>	Control	Potencia	5,9	,337
		Mixto	10,78	,013*
	Potencia	Control	-5,9	,337
		Mixto	4,88	,567
	Mixto	Control	-10,78	,013*
		Potencia	-4,88	,567
<b>Sarc-F</b>	Control	Potencia	0,53	,000**
		Mixto	0,33	,033*
	Potencia	Control	-0,53	,000**
		Mixto	-0,2	,346
	Mixto	Control	-0,33	,033*
		Potencia	0,2	,346

Dif.  $\bar{x}$ : diferencias de las medias;  $s$ , desviación estándar; \*: pvalor<0,05; \*\*pvalor<0,001; GS: velocidad de la marcha; V: velocidad; TUG: TimedUp&Go; 5STS: Five-Repetition-Sit-To-Stand Test; HG: hand grip; P: potencia; TME2': Two-Minute Step Test; dist: distancia; dcha: derecha; izq: izquierda.

Los resultados han mostrado un efecto superior en prácticamente todas las variables de composición corporal y funcionalidad de los dos tipos de intervención sobre el grupo de mujeres que no realizó ejercicio físico. A pesar de que se observa un ligero mayor efecto del EP tanto en funcionalidad como en composición corporal, se necesita más investigación para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud.



# DISCUSIÓN

## 7 DISCUSIÓN

En esta tesis se ha pretendido demostrar el efecto que puede tener el entrenamiento de potencia sobre las mujeres mayores con un riesgo de sufrir sarcopenia. Tras la obtención de los resultados del ensayo clínico planteado, se podría decir que un programa de entrenamiento de potencia puede mejorar el grado de sarcopenia, la funcionalidad y la composición corporal en mujeres mayores con presarcopenia.

Se trata del primer ensayo clínico que comprueba el efecto del entrenamiento de potencia exclusivamente en mujeres con presarcopenia. Hasta donde se sabe, existe otro ensayo clínico que evaluó el efecto del entrenamiento de fuerza en mujeres y hombres mayores con presarcopenia, pero en cuanto a las variables de composición corporal solo valoraron el ASM y el %BF (257).

Se han realizado metanálisis de ensayos clínicos que evalúan el efecto del entrenamiento de potencia en AM (190–192). Sin embargo, es la primera vez que se ha investigado el efecto del entrenamiento de potencia como tratamiento preventivo en este grupo poblacional, con el objetivo de determinar si puede ayudar a prevenir el desarrollo de la enfermedad, como lo lleva recomendando desde 2019 el EWGSOP2 (213).

### 7.1 Discusión del diseño del estudio

El objetivo del estudio fue analizar el efecto del entrenamiento de potencia, comparándolo con un grupo que no realizó ejercicio físico. Se consideró interesante incluir un grupo de ejercicio multicomponente, ya que es el tipo de ejercicio que más suelen realizar los AM y es el que normalmente se realiza en el PReGe.

Los resultados demuestran que el entrenamiento de potencia obtiene resultados muy beneficiosos respecto al grupo que no realiza ejercicio físico y ligeramente superior sobre el entrenamiento multicomponente respecto a la composición corporal y funcionalidad en mujeres mayores con presarcopenia. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud.



A pesar de que se ofreció en todos los lugares en los que suelen concurrir los AM, toda la muestra elegida pertenece al PReGe. La idea era tratar de llegar al máximo de la población de Salamanca, para valorar al mayor número de personas mayores y poder estimar mejor la prevalencia de sarcopenia en esta ciudad. Debido a esto, se ha podido afectar a la estimación de sarcopenia, ya que un porcentaje de las participantes que asisten, lo suelen hacer anualmente y suelen realizar ejercicio de forma periódica. Por lo tanto, es posible que los resultados obtenidos no sean valores reales de lo que puede llegar a ser la realidad en Salamanca. Pertener al PReGe ha podido ser un criterio de inclusión que sesgue dicho resultado. Por lo tanto, seguramente será necesario evaluar a un mayor número de personas, en otros contextos y ambientes, para estimar la prevalencia real de los AM de Salamanca.

Uno de los principales problemas metodológicos fue la aleatorización por bloques. Si dos o más personas cumplían los criterios de selección y pertenecían a la misma asociación, debían ser juntas aleatorias, ya que recibirían el mismo tipo de entrenamiento. Se ha demostrado que los tres grupos no presentan diferencias en los valores iniciales (variables sociodemográficas y de resultado), lo que sugiere que la distribución inicial posiblemente no haya sido un factor diferencial en el resultado y que los grupos han sido homogéneos y comparables.

El número de participantes se ha basado en el cálculo del tamaño muestral en base al tipo de estudio y de las variables principales de resultado. Dicho número ha sido similar a estudios que han estudiado la misma patología y en el mismo grupo poblacional (257–261). De forma general, los participantes que conforman este tipo de ensayos suelen ser entre 70 y 180 participantes.

En el estudio se logró reclutar un número mayor de participantes que el tamaño muestral calculado inicialmente. El cálculo indicaba que se necesitaban 106 personas, pero finalmente se incluyeron 120 mujeres mayores. Esto fue posible debido a la capacidad del proyecto para incluir a todos aquellos que cumplían los criterios de inclusión. Además, considerando la menor adherencia de la población mayor a los programas de actividad física y la duración prolongada de la intervención, se obtuvo un porcentaje de pérdidas relativamente alto (20%). A pesar de esto, se registraron 14 personas perdidas, lo cual representa un 11,66%. Por lo tanto, los resultados obtenidos tienen una alta potencia estadística y las estimaciones obtenidas son más precisas. Se decidió realizar el análisis AIT para no perder el efecto de la aleatorización y

homogeneidad que se consiguió con los valores basales. De esta manera se garantiza la validez interna del estudio.

La seguridad clínica ha sido importante a lo largo de toda la intervención. Al disponer de una intervención relativamente larga (8 meses), se ha podido realizar una correcta progresión de cargas. García-Hermoso et al. analizaron la seguridad y la eficacia a largo plazo (más de un año) de diferentes intervenciones de ejercicio en AM y demostraron que realizar programas de ejercicio, no aumenta el riesgo de abandono debido a problemas de salud, hospitalización y mortalidad (261). Del entrenamiento de potencia no se ha obtenido todavía ninguna conclusión firme de la seguridad clínica en AM (192), a pesar de ello, no se han obtenido efectos adversos en este estudio. Los abandonos por intervención quirúrgica han sido debido a operación de cataratas y una tiroidectomía. El infarto que ocurre en el grupo que no realiza ejercicio físico, no se puede atribuir al programa.

Una parte importante para no obtener efectos adversos y obtener mejoras en ambos grupos, ha sido el correcto progreso de la carga individual. Dado que en nuestro programa la frecuencia semanal siempre era tres días, se ha debido aumentar la carga modificando el volumen y la intensidad y la dificultad de los ejercicios, según la percepción subjetiva de esfuerzo. Esta forma es la que más se suele utilizar junto con el RPE y %RM (253,262). Solo en dos de quince estudios incluidos en un metanálisis que valoraba el efecto del PT en adultos mayores, se realizó la progresión de cargas mediante percepción de esfuerzo, el resto fue por %RM (263). Dichos artículos tienen resultados contradictorios ya que uno obtiene mejoras a nivel funcional como en nuestro estudio y en el otro no se obtuvo un efecto superior del PT respecto al ejercicio de fuerza en AM (261,264).

Guiarse por el porcentaje de repetición máxima (%RM) en este grupo poblacional de edad avanzada a nivel grupal puede resultar incorrecto. En primer lugar, realizar la comprobación de una repetición máxima (1RM) puede ser peligroso. En segundo lugar, existen diversas comorbilidades heterogéneas (como HTA, artritis, enfermedad cardiovascular, artrosis, etc.), que hacen que cada individuo responda de manera diferente al mismo %RM, dependiendo de su estado de entrenamiento actual, experiencia pasada, salud articular y respuesta individual al estrés del entrenamiento. Esto está respaldado por las recomendaciones de la ACSM (265).

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que realizar la progresión de cargas de forma individualizada y en función de la sensación de esfuerzo en vez de estimaciones del RM, puede ser una buena guía para obtener la carga adecuada en mujeres mayores. Además, hay que resaltar, que la duración de la intervención ha sido más larga (32 semanas) que los estudios previos publicados sobre el entrenamiento de potencia. La mayoría de los estudios realizados hasta ahora han tenido una duración entre 10 y 16 semanas (183,186,187,257,261,266–268). Únicamente Henwood et al. llevaron a cabo una intervención más larga de 24 semanas (269), por lo que nuestro artículo es el que ha tenido la intervención más extensa en este grupo de población.

## **7.2 Discusión de los resultados de la prevalencia y grado de sarcopenia**

Uno de los objetivos de este estudio fue determinar la prevalencia de sarcopenia en adultos que viven en comunidad en Salamanca. De las 480 personas evaluadas, se diagnosticó sarcopenia confirmada según los criterios EWGSOP2 en el 6,25% de los casos. Este valor de prevalencia se encuentra dentro del intervalo de confianza de los valores de referencia descritos en las revisiones sistemáticas realizadas (23,78).

Se realizó un estudio similar en la ciudad de Valencia con menos de la mitad de participantes, y se obtuvieron valores contradictorios en cuanto a los encontrados en nuestro estudio. En ese estudio, se diagnosticó como sarcopenia probable al 21,1% de los hombres y al 18,3% de las mujeres. En el nuestro, los valores reflejan una prevalencia ligeramente superior en las mujeres, con un 29% diagnosticado con sarcopenia probable, y ligeramente inferior en los hombres, con un 15,87%. Sin embargo, al diagnosticar los casos con sarcopenia confirmada, encontramos que la prevalencia en hombres fue mayor (11,11% vs 7,9%), y la suma de sarcopenia confirmada y severa fue menor en nuestro estudio que en el realizado en Valencia. (6,77% frente a 7,3%) (270). Estos hallazgos indican la necesidad de seguir realizando estudios para conocer la prevalencia de sarcopenia en nuestro entorno específico.

A nivel global se pueden comparar los resultados con dos metanálisis. En comparación con los valores aportados por Nascimento et al., que estimaron la prevalencia entre el 1% y el 10%, con una media del 5%, se puede decir que nuestro valor de prevalencia es ligeramente superior (23).

Por otro lado, según los resultados obtenidos por Petermann-Rocha et al., no se alcanza el valor medio del 10%, con un intervalo entre el 2% y el 17% (78). Es importante mencionar que estos valores son de prevalencia a nivel mundial, pero resulta que los estudios están todos realizados en Europa, por lo que podemos concluir que la prevalencia de sarcopenia en AM que viven en la ciudad de Salamanca, es similar a los valores a nivel europeo y mundial según los criterios EWGSOP2.

Si se consideran todas las clasificaciones y no solo observando los valores que han sido valorados según EWGSOP2, la prevalencia de sarcopenia en los AM de Salamanca es menor, ya que no se obtienen valores entre el 10% y el 27% (78). De ahí la necesidad de unificar criterios a nivel mundial para poder estimar correctamente la prevalencia.

Es relevante destacar que los criterios EWGSOP2 detectan prevalencias más bajas en comparación con otros. Esto indica que puede haber una subestimación de la sarcopenia al seguir estas pautas, lo que sugiere la necesidad de revisarlos, como se mencionó anteriormente, para evitar el subdiagnóstico de las personas con sarcopenia y poder implementar un tratamiento antes de que la enfermedad progrese. Es probable que del 27,08% de personas con riesgo de sufrir sarcopenia en la ciudad de Salamanca, haya individuos con sarcopenia si se hubieran evaluado utilizando otros criterios de diagnóstico.

En cuanto a la sarcopenia severa tampoco se han obtenido resultados similares a los propuestos en dichos metanálisis, ya que la prevalencia de sarcopenia severa en Salamanca fue del 1,04% y a nivel europeo está estipulado entre el 2% y el 9% (78).

Según los datos proporcionados, el 64,62% de las 130 personas con riesgo de sarcopenia tenían más de 75 años. Esto es esperable, puesto que se ha demostrado que el riesgo de sufrir sarcopenia aumenta con la edad (213). Además, es importante destacar que todos los hombres diagnosticados con riesgo, eran mayores de 80 años. Asimismo, el 70% de ellos tenían valores bajos de masa muscular, lo que indica una gravedad mayor que en las mujeres.

En el caso de las mujeres, el 77,5% fueron diagnosticados con presarcopenia y solo un 22,5% con sarcopenia. Esto puede deberse a que a partir de los 80 años, las concentraciones de testosterona descienden rápidamente en los hombres, lo cual puede afectar al mantenimiento de la masa y la fuerza muscular a partir de esa edad (85). En cambio en las mujeres, los cambios

hormonales se producen después de la menopausia y no son tan drásticos como en los hombres (84).

Entre todos los factores que pueden influir en la sarcopenia, parece que los cambios hormonales y los biomarcadores sanguíneos pueden tener una influencia mayor. Sin embargo, este es un campo de investigación en el que todavía no se han obtenido certezas concluyentes.

Uno de los objetivos adicionales fue investigar el efecto del entrenamiento de potencia en el grado de sarcopenia. Se ha demostrado que el PT es capaz de mejorar los valores de fuerza en las extremidades superiores e inferiores, reduciendo el riesgo de sufrir sarcopenia en un 50% en las mujeres que lo han realizado. El PT ha demostrado ser más efectivo que el entrenamiento de resistencia, ya que ha mostrado una disminución del 32,5% en el número de personas que estaban en estado de presarcopenia. Se requieren más ensayos clínicos para poder afirmar que el PT es la modalidad de entrenamiento a elegir para revertir los estados de presarcopenia.

Uno de los aspectos importantes dónde se hipotetizaba que el estado de presarcopenia podría tener efecto era sobre las caídas, ya que un grado de sarcopenia puede predecirlas de forma independiente (124,271). La comunidad científica ha conseguido demostrar con evidencia de certeza alta, que los programas de ejercicios reducen la tasa de caídas y el número de personas que sufren caídas en las personas mayores (272). Además se trata de una intervención imprescindible ya que ha reportado mayores efectos que la adecuación del entorno, tecnologías de asistencia, revisión de la medicación e intervenciones psicológicas (273).

En nuestro estudio, tanto el PT como el MT han demostrado disminuir la incidencia de caídas. Es importante destacar que prácticamente todas las personas que se habían caído el año anterior y han realizado PT, solo una de ellas se había vuelto a caer durante la intervención. Aunque debido al tamaño de la muestra no se pueden sacar conclusiones definitivas, este resultado es esperanzador, ya que las caídas son uno de los principales factores de riesgo de hospitalización, dependencia y pérdida de calidad de vida en los AM (6). No se puede comparar con otros estudios porque no se suele realizar un seguimiento del historial de caídas. Solamente se ha demostrado que el PT mejora el rendimiento en pruebas que predicen el riesgo de caídas en AM (274), pero no se ha comprobado directamente como en nuestro estudio, por lo que sería interesante en futuros ensayos clínicos se realizara el seguimiento de caídas.

Es necesario seguir realizando ensayos clínicos en personas que todavía no se ha establecido la enfermedad, para detectar los mejores tipos de tratamiento de prevención como ya se impulsaron en los criterios EWGSOP2 (12).

### **7.3 Discusión de los resultados de la composición corporal**

En el presente estudio se han demostrado diferencias significativas en cuanto a las variables de composición corporal entre los tres grupos. Tanto realizar PT como MT, mejora sustancialmente la composición corporal en mujeres mayores con presarcopenia. Se ha conseguido demostrar un efecto beneficioso de ambos tipos de entrenamiento respecto al grupo que no realizaba ejercicio físico en todas las variables (peso, perí. Abd., % grasa, gr. Visceral, % MT, ASM, SMI e IMC). Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud.

Uno de los problemas de los estudios cuya intervención fue el PT, ha sido que existen muy pocos estudios que analicen las variables de composición corporal tras la intervención. Simplemente se suele quedar en una exposición de los resultados basales.

Existen dos estudios que compararon el efecto del PT y el RT y se obtuvo un ligero beneficio en la masa muscular favorable al PT (268,275).

En el estudio de Vikberg, el RT demostró en hombres y mujeres con presarcopenia los mismos resultados antropométricos medidos por DXA. Obtuvieron que en el GC no se modificó la masa muscular y en de PT hubo un aumento de masa muscular y un descenso del %BF ligeramente inferior al obtenido en este estudio, posiblemente debido a que la intervención fue más corta (10 semanas) (257).

En otro estudio que evaluó el efecto del PT sobre la composición corporal, mostró resultados contradictorios respecto a nuestro estudio, por un lado mostró un descenso en el IMC pero concluyeron que no se observó un aumento de la masa muscular (ASM) (261). Es por ello que en el futuro se deben de realizar más ensayos clínicos que evalúen la composición corporal cuando se aplique el PT.

Respecto al entrenamiento de fuerza ya está más que demostrado que mejora la composición corporal, disminuyendo la grasa corporal y aumentando la masa muscular (276–281). Sin embargo, Won Seo et al. no demostraron mejoras significativas en ganancia de masa muscular y pérdida de grasa corporal (282).

En un metanálisis estudiando población similar (con obesidad sarcopénica), el RT fue capaz de disminuir el BF% pero no aumentar el %MT, ASM y SMI (283). Puede ser que el hecho de que coexista la sarcopenia con la obesidad, se necesite más tiempo de intervención para obtener las ganancias musculares, ya que todos los estudios incluidos no tenían una duración superior de 16 semanas.

En el estudio de Romero-Arenas et al., valoraron el RT de alta intensidad y con menos descansos, el RT convencional y un grupo control. Lograron resultados similares a los obtenidos con el PT, tanto en la pérdida de %BF como en la ganancia muscular, por lo que el efecto que tiene el PT puede ser similar al RT de alta intensidad. Se necesitarían más estudios (284). Por norma general, los resultados en mujeres son parecidos al de este estudio, destacando un descenso del peso, IMC, % grasa y grasa visceral y aumento liviano de la masa muscular (285,286). En cambio, en mujeres con una afectación superior ligeramente superior (SPPB = 8-9) demostró que el MT perdió ASM en las mujeres mayores (147).

Ambos tipos de entrenamientos tienen un patrón similar disminuyendo el porcentaje de grasa, aumentando el muscular y disminuyendo ligeramente el IMC. El valor del IMC por sí solo, no se debería de tener en cuenta, se debe observar junto con el %BF y el %MT. A pesar de que en todos los grupos las participantes se mantienen en sobrepeso según el IMC, se ha demostrado que el ideal podría ser mayor en AM (287). Por lo tanto, en AM la pérdida de peso debería centrarse en la pérdida de grasa, preservando la masa muscular manteniendo un IMC saludable (288).

Para la valoración de la composición corporal, a pesar de que la RM y el TAC considerados el *gold standard* para la evaluación no invasiva de la cantidad/masa muscular, se ha realizado mediante la BIA debido a que son asequibles y portátiles (243). El uso de diferentes herramientas de diagnóstico puede dar lugar a diferentes prevalencias de sarcopenia y, por tanto, puede tener importantes consecuencias en las investigaciones clínicas y el desarrollo de

estrategias terapéuticas. Se sabe que BIA subestima la masa grasa y sobreestima la masa muscular (289).

Estudios anteriores encontraron que la prevalencia de sarcopenia basada en BIA era mayor que la del enfoque basado en DXA (290,291). En nuestro estudio no se han detectado prevalencias superiores respecto a los valores medios a nivel europeo. El estado de hidratación del paciente puede que afecte a los resultados obtenidos, por ello se trató de que todo el mundo acudiera en correcto estado de hidratación y se mojó la plataforma con agua para favorecer la conducción y disminuir al máximo el posible sesgo por la utilización de la BIA (217).

Uno de los métodos que ya se está empezando a realizar para estimar y que en el futuro puede ser interesante es medir el grosor de ciertos músculos como el psoas mediante RM o ecografía, aunque existen expertos que sostienen que no es un músculo representativo de la sarcopenia, como si podría serlo el recto anterior del cuádriceps (292,293).

Hay que mencionar que nuestros resultados de % de grasa, grasa visceral e IMC son más elevados de lo normal en este grupo poblacional. Tener un IMC alto puede actuar como un amortiguador protector para compensar la pérdida de rendimiento muscular en AM. Este fenómeno se conoce como "*La paradoja de la obesidad*" y podría ser uno de los motivos por el cual existen personas con pérdida de fuerza pero no de masa muscular, debido a que el exceso de peso hace que se mantengan los niveles de masa muscular pero no la función muscular (96,294). Esto es lo que ha podido ocurrir en nuestra muestra. De los 360 adultos que no cumplieron los criterios de inclusión (pérdida de fuerza en HG y 5STS), se identificaron 55 adultos que presentaban afectación del rendimiento físico (10 en TUG, 25 en SPPB y 10 en GS). Estos resultados indican que es posible que algunas personas posean un buen nivel de masa muscular debido al aumento de grasa corporal, lo que les proporciona niveles adecuados de fuerza muscular. Sin embargo, su funcionalidad se encuentra gravemente afectada.

El exceso de adipocinas con adiposidad visceral acelera la pérdida muscular debido a la actividad proinflamatoria que contrarresta las miocinas anabólicas. En conjunto, esto conduce a un estado de inflamación crónica, lo que aumenta la resistencia a la insulina y la degradación muscular (295,296). Es interesante que la infiltración grasa y la fibrosis muscular pueden afectar



la calidad del músculo sin atrofia. En estas situaciones, es posible que la masa muscular en realidad no cambie (56).

Por lo tanto, se sugiere que uno de los puntos importantes a considerar es la revisión de los criterios de diagnóstico establecidos por el EWGSOP2. Sería importante incluir las pruebas de rendimiento físico y darles más peso en el diagnóstico inicial, en lugar de relegarlas únicamente al diagnóstico de sarcopenia severa. Además, se sugiere aumentar el umbral de SMI como criterio para diagnosticar la sarcopenia, considerando que la población adulta mayor tiende a tener un mayor sobrepeso y llevar una vida sedentaria.

Asimismo, es importante tener en cuenta que la cantidad de masa muscular puede verse afectada por la paradoja de la obesidad, la miosteatosiis y la fibrosis muscular. Por lo tanto, se propone considerar el estudio de la calidad muscular como otro criterio de diagnóstico de la sarcopenia, con el fin de tener una evaluación más completa y precisa. (297).

#### **7.4 Discusión de los resultados sobre funcionalidad**

Respecto a la funcionalidad, se ha demostrado que existen diferencias significativas entre los tres grupos en todas sus variables excepto en la presión manual de la mano izquierda. Se ha observado de nuevo que realizar ejercicio físico (PT o MT) mejora las variables de funcionalidad respecto a las personas que no realizan ejercicio. Se ha percibido un efecto en el GP especialmente en las variables 5STS, TUG y GS; en la velocidad y potencia de la sentadilla, el SPPB y en la presión manual de la mano dominante. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud

Por otro lado, se ha detectado una mejora superior en el GM respecto al GP en el TME2' y la presión manual derecha. En cuanto a la presión manual izquierda, los cambios han sido muy similares en los tres grupos por lo que no se ha detectado una diferencia significativa entre los grupos. Cabe destacar que se ha visto un efecto superior en la fuerza de presión manual de la mano derecha e izquierda en el MT, pero luego al comprobar la dominante, el efecto ha sido superior en el PT. Esto puede ser debido al efecto que puede generar la dominancia. La literatura plantea que la mano dominante presenta valores de fuerza más altos y hay que tener en cuenta

que los diestros son más fuertes con su mano derecha, mientras que los zurdos pueden presentar valores controversiales (298).

En cuanto a la distancia recorrida por el codificador se ha tenido en cuenta para demostrar que, a pesar de que la medición metodológicamente no se haya realizado perfecta, ya que no existe una medición estandarizada, puede ser un dispositivo útil y que se puede utilizar en el futuro. Los cambios entre la intervención inicial y final han sido de 2 cm como máximo en el GM, por lo que no puede afectar mucho a la estimación de la velocidad y potencia medida por el codificador.

Si se comparan estos resultados con el estudio de Vikberg et al., en cuanto al 5STS, TUG y GS tienen los mismos resultados, y coinciden con las variables que en nuestro estudio han sido más significativas para el PT (257). También coinciden en la mejora del SPPB total. Además, en la variable del equilibrio de SPPB tampoco adquieren resultados significativos de cambio. Esto en parte puede ser debido a que la mayoría de las participantes parten del inicio de una buena puntuación del test y por lo tanto no puede existir cambio, sino mantener dicha puntuación. En cuanto al HG, ellos reportan cambios significativos, pero si nos fijamos en el análisis por subgrupos, se puede observar que dicha diferencia se debe al cambio ocurrido en los hombres, ya que las mujeres prácticamente no observan cambios en la presión de la mano (aumento del 2% respecto al valor basal). Por lo tanto, a pesar de que no se han conseguido cambios significativos entre grupos, el PT sí que ha obtenido una mejora de la presión manual de la mano dominante (2,48 Kg, lo que supone un 17,04% respecto a los valores basales).

Se ha demostrado que el PT tiene mejoras en la función física, calidad de vida y reducción de incidencia de caídas (190–192). Sin embargo, aún existe controversia al comparar el RT y el PT. Al analizar el SPPB, algunos estudios demuestran un efecto superior del PT (264,266), mientras que otros no encuentran una diferencia clara (261,268). En nuestro estudio, se observó un cambio positivo en las participantes que realizaron PT, pero no se encontraron cambios en el equilibrio, a diferencia de otros estudios que sí han demostrado mejoras con PT (188,261,264,277,299,300).

Una de las variables en las que se ha evidenciado el efecto superior del PT en comparación con el RT es la fuerza muscular de miembros inferiores medida mediante el 5STS y el CS

(186,187,261,269,277). Sin embargo, existen artículos que defienden que no se obtienen diferencias significativas entre los dos tipos de entrenamiento (266,301).

Además, la evidencia científica ha demostrado que el PT tiene un efecto beneficioso en la potencia muscular medida mediante pruebas como el "*leg press test*" y el "*knee extension test*", en comparación con el RT (186,264,268,299,302,303). En nuestro estudio, debido a la falta de equipamiento específico, se utilizó un codificador ADR para medir la potencia y se obtuvieron resultados similares.

En cuanto a la velocidad de la marcha, la mayoría de los estudios respaldan el uso del PT en AM para mejorarla (187,264,277), aunque existe un estudio en el que no se encontraron datos concluyentes (269).

Todos los participantes del PReGe han respondido a las preguntas del test del Sarc-F como método de detección del riesgo de sarcopenia. Tras probarlo, se puede decir que únicamente ha detectado los casos graves de sarcopenia en las personas que tienen asociado un dolor musculoesquelético que afecta su funcionalidad, como ya se ha demostrado (304). En nuestro estudio también hemos observado una baja sensibilidad para detectar sarcopenia. Si nos basáramos únicamente en el Sarc-F, habría habido más personas que no habrían sido reconocidas con sarcopenia.

Los resultados de este estudio destacan la importancia del entrenamiento de potencia como una opción de tratamiento preferente para prevenir la sarcopenia en mujeres mayores. Se ha demostrado que esta intervención es segura, económica y no tiene efectos adversos. Además, se ha evidenciado que seguir una progresión y pautas individuales en este tipo de entrenamiento puede conducir a mejoras en la funcionalidad, como la fuerza muscular y en la composición corporal, aumentando la masa muscular. Todo esto se traduce en una reducción del riesgo de sarcopenia y una mejora en la calidad de vida de las mujeres. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud.

## 7.5 Limitaciones

El ensayo clínico ha presentado una serie de limitaciones que deben ser reportadas para tener en cuenta la interpretación de los resultados y el diseño de futuras investigaciones. A continuación, se presentan las limitaciones encontradas:

Todos los participantes pertenecen a las actividades del PReGe que se llevan realizando desde hace años. Esto puede afectar en parte la representatividad de la muestra, ya que muchos de los participantes realizan ejercicio anual y suelen repetir año tras año. Por lo tanto, las estimaciones de prevalencia real pueden estar sesgadas y no representadas de manera precisa a los adultos mayores de Salamanca. En el futuro, se deberán realizar valoraciones en otros contextos y en diferentes tipos de población, como institucionalizados, hospitalizados y adultos mayores que viven en la comunidad, para obtener datos de prevalencia más confiables.

La muestra puede que no sea lo suficientemente homogénea debido a la presencia de pluripatología y enfermedades crónicas no transmisibles. En los criterios de selección, solo se preguntó por los estados más graves de las enfermedades y si había un descontrol en las mismas. Esto puede introducir sesgos en los resultados, ya que no se consideraron otros aspectos de las enfermedades o condiciones de salud de las participantes.

Además, hay que tener en cuenta que en el grupo control se seleccionan personas que realizan programas de suelo pélvico y ventilación. Las sesiones se realizaban una vez a la semana y en posición de sedestación o decúbito supino en estático. Se ha considerado que no realizan un gasto energético que pudiera aumentar su nivel de actividad física, pero puede ser que haya sido un sesgo a la hora de obtener los resultados del grupo control. Asimismo, el nivel de actividad física al igual que el estado nutricional no se ha controlado en las participantes, por lo que puede ser que hayan influido en los resultados. Para tratar de controlar esto en criterios de eliminación se ha establecido que una asistencia inferior al 75%, participar en otros programas de ejercicio y cambios en el nivel de actividad física podrían ser factores de confusión que afectarían a los resultados de las diferentes intervenciones realizadas.

Existe una limitación en el número de valoraciones realizadas. Dado que la intervención tuvo una duración de 32 semanas, hubiera sido interesante realizar una valoración a los cuatro meses para comparar si los efectos ocurren en fases más iniciales o finales. Además, hubiera sido útil

realizar una valoración de seguimiento para comprobar si los efectos se mantendrían en el futuro.

Durante la intervención, la progresión se realizó en función de la percepción de esfuerzo de cada participante. Esto puede haber introducido sesgos, ya que algunos participantes pueden haber sobreestimado su esfuerzo mientras que otros lo hayan subestimado. Aunque el fisioterapeuta fue entrenando a las participantes en la designación de la percepción de esfuerzo, el hecho de que las participantes no se familiarizaran con este método puede haber influido en los resultados.

La discusión de los resultados, especialmente en relación a la composición corporal, es compleja debido a la falta de estudios que intervengan con ejercicio físico en personas con presarcopenia. Además, la mayoría de los estudios se centran en valorar las capacidades funcionales, lo que dificulta la comparación y discusión de los resultados obtenidos en este ensayo clínico.

Todas estas limitaciones podrían solventarse si se dispusiera de los medios económicos, materiales y personales suficientes. A pesar de ello, las condiciones en las que se ha realizado el estudio se pueden considerar como óptimas, ya que la mayoría de los resultados coinciden con los ensayos que se han realizado con intervenciones y participantes iguales o similares.

## **7.6 Perspectivas de futuro**

Todavía existen muchas lagunas de información sobre la sarcopenia y las futuras vías de tratamiento se centran en la prevención y el tratamiento. Es importante que en el futuro se sigan realizando ensayos clínicos con propuestas de tratamientos en las personas que están en riesgo de sufrir sarcopenia, en lugar de esperar a que se establezca la enfermedad para comenzar a tratarla.

A pesar de que los expertos han recomendado esto desde hace cuatro años, todavía hay pocos ensayos clínicos, por lo que no se dispone de un nivel de certeza alto para conocer qué tipo de entrenamiento puede ser mejor para prevenir la sarcopenia.

Aunque el papel de la nutrición en el tratamiento de la sarcopenia no está claro, es importante tener en cuenta el estado nutricional y una ingesta adecuada de proteínas y nutrientes a la hora de considerar el tratamiento.

Asimismo, se considera imprescindible revisar la forma en que se diagnostica la enfermedad, para entenderla mejor y saber cómo se comporta en nuestro cuerpo. También se recomienda revisar los criterios diagnósticos del EWGSOP2, dando más importancia a las pruebas de rendimiento físico y disminuyendo el volumen de masa muscular necesario.

Las investigaciones futuras deben centrarse en la vía biológica de la sarcopenia. Es esencial dirigir los estudios hacia la detección temprana mediante biomarcadores, para conocer los procesos que subyacen a la enfermedad. Además, realizar estudios genéticos y detectar qué genes son los responsables de la enfermedad, para poder tratarla mucho antes de que se establezca y evitar sus eventos adversos, debe ser una línea de investigación obligatoria.

La investigación avanzada y la comprensión de los mecanismos celulares y moleculares de la sarcopenia podrían desempeñar un papel clave en el desarrollo de tratamientos específicos y estrategias preventivas.



# CONCLUSIONES

## 8 CONCLUSIONES

Tras lo expuesto en los resultados y la discusión, se puede afirmar que un programa de entrenamiento de potencia tiene efectos beneficiosos sobre el estado muscular, el grado de sarcopenia, la composición corporal y la funcionalidad en mujeres mayores con presarcopenia.

Además, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La prevalencia de sarcopenia de los adultos mayores que viven en comunidad en Salamanca, considerando la muestra valorada, es similar a los establecidos en la población europea y mundial según los criterios EWGSOP2. Si se consideran todas las clasificaciones, la prevalencia de sarcopenia en los adultos mayores de Salamanca que viven en comunidad, es menor que la establecida a nivel mundial. Serán necesarias más investigaciones, con mayor número de participantes y en diferentes contextos para considerar la validez externa de los resultados expuestos en esta investigación.
2. El entrenamiento de potencia es capaz de revertir el estado de presarcopenia en mujeres mayores eliminando el riesgo de sufrir sarcopenia. El 50% de las mujeres que lo han realizado han recuperado valores óptimos de fuerza, frente al 32% en las mujeres que han realizado el entrenamiento multicomponente.

Asimismo, se ha observado, que las participantes que han realizado el entrenamiento de potencia han reducido el número de caídas sufridas durante el periodo de intervención, respecto al año previo, en un 91%, frente a una reducción del 46% en el grupo de entrenamiento multicomponente, y un aumento del 42% en el grupo sin ejercicio. Sin embargo, para obtener datos fiables en cuanto al efecto del entrenamiento de potencia sobre las caídas se debería ampliar el tamaño de la muestra.

3. Los programas de entrenamiento de potencia y multicomponente tienen efectos beneficiosos sobre la funcionalidad, la fuerza y la composición corporal en mujeres mayores con presarcopenia, y de forma general, en mayor medida en el grupo con entrenamiento de potencia. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para comprender completamente las implicaciones de estos hallazgos y determinar las intervenciones más efectivas para mejorar los resultados de salud:



- a. Tanto el entrenamiento de potencia como el entrenamiento multicomponente han conseguido mejorar, de forma significativa, la funcionalidad y fuerza en las mujeres mayores con presarcopenia respecto a las mujeres que no realizaron ejercicio. En cuanto al entrenamiento de potencia respecto al entrenamiento multicomponente, se ha observado un mayor efecto con el entrenamiento de potencia en el TUG, de forma significativa, y sobre el 5STS, la velocidad de la marcha y el SPPB de forma no significativa. En cuanto a la fuerza de prensión manual, esta misma conclusión es aplicable sólo a los resultados de la mano dominante, siendo mayor el efecto con el entrenamiento de potencia.
  - b. En el entrenamiento de potencia se ha observado un mayor aumento de la velocidad y de la potencia de contracción del aparato extensor del miembro inferior a partir de los perfiles de fuerza-velocidad respecto al entrenamiento multicomponente. Ambos entrenamientos han aumentado los parámetros de potencia, de forma significativa, respecto a las mujeres que no realizaron ejercicio.
  - c. Tanto el entrenamiento de potencia como el entrenamiento multicomponente, han conseguido mejorar, de forma significativa, los indicadores de composición corporal en las mujeres mayores con presarcopenia respecto a las mujeres que no realizaron ejercicio. Se ha obtenido mayor ganancia de los indicadores de masa muscular, en las participantes que realizaron entrenamiento de potencia, y, por el contrario, el entrenamiento multicomponente ha demostrado tener mayor efecto sobre la grasa corporal, disminuyendo más su porcentaje.
4. En cuanto a la evolución natural de las variables del estudio en las mujeres mayores con presarcopenia, que no realizaron ejercicio físico en el periodo de 8 meses de intervención, podemos decir que se han mantenido o han descendido ligeramente sobre los valores preintervención:

En los parámetros de composición corporal se ha observado una pérdida del 2,45% de media de la masa muscular y del 1,6% de la grasa corporal, así como, un ascenso del 5,65% de la grasa visceral.

Respecto al grado de sarcopenia, estado muscular y funcionalidad, se ha observado por regla general, un mantenimiento o un ligero empeoramiento en las variables de estudio.



# BIBLIOGRAFÍA

## 9 BIBLIOGRAFIA

1. da Costa JP, Vitorino R, Silva GM, Vogel C, Duarte AC, Rocha-Santos T. A synopsis on aging-Theories, mechanisms and future prospects. *Ageing Res Rev.* 2016 Aug 1;29:90–112.
2. Kennedy BK, Berger SL, Brunet A, Campisi J, Cuervo AM, Epel ES, et al. Geroscience: linking aging to chronic disease. *Cell.* 2014 Nov 6;159(4):709–13.
3. Eckstrom E, Neukam S, Kalin L, Wright J. Physical Activity and Healthy Aging. *Clin Geriatr Med.* 2020 Nov 1;36(4):671–83.
4. da Silva Sousa NF, Lima MG, Cesar CLG, de Azevedo Barros MB. Active aging: Prevalence and gender and age differences in a population-based study. *Cad Saude Publica.* 2018;34(11).
5. Lara J, Godfrey A, Evans E, Heaven B, Brown LJE, Barron E, et al. Towards measurement of the Healthy Ageing Phenotype in lifestyle-based intervention studies. *Maturitas.* 2013;76(2):189–99.
6. World Population Prospects - United Nations Population Division - United Nations [Internet]. Available from: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>
7. Población (españoles/extranjeros) por edad (año a año) y sexo [Internet. Available from: <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/e245/p04/provi/I0/&file=00000002.px&L=0>
8. Kaeberlein M, Rabinovitch PS, Martin GM. Healthy aging: The ultimate preventative medicine. *Science.* 2015 Dec 4;350(6265):1191–3.
9. Curcio CL, Giraldo AF, Gómez F. Fenotipo de envejecimiento saludable de personas mayores en Manizales. *Biomédica.* 2020 Mar 1;40(1):102–16.
10. López-Otín C, Blasco MA, Partridge L, Serrano M, Kroemer G. The Hallmarks of Aging. *Cell.* 2013 Jun 6;153(6):1194.
11. Arnett SW, Laity JH, Agrawal SK, Cress ME. Aerobic reserve and physical functional performance in older adults. *Age Ageing.* 2008 Jul 1;37(4):384–9.
12. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019 Jan 1;48(1):16.
13. Nations U. Envejecimiento | Naciones Unidas.
14. Alvarado García AM, Salazar Maya ÁM. Análisis del concepto de envejecimiento. *Gerokomos.* 2014 Jun 1;25(2):57–62.
15. Laviano A. Sarcopenia, biological age and treatment eligibility in patients with cancer. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2023 Jan 1;26(1):59–63.

16. De F, Médicas C, Cabrera E. Principales causas de morbilidad en una población de adultos mayores: área de salud de Capdevila. *Rev Habanera Ciencias Médicas*. 2008;7(2):0–0.
17. Una visión optimista del envejecimiento. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2012 Jan 1;23(1):105–6.
18. Dziechciaż M, Filip R. Biological psychological and social determinants of old age: bio-psycho-social aspects of human aging. *Ann Agric Environ Med*. 2014;21(4):835–8.
19. Ouwehand C, de Ridder DTD, Bensing JM. A review of successful aging models: proposing proactive coping as an important additional strategy. *Clin Psychol Rev*. 2007 Dec;27(8):873–84.
20. Estebansari F, Dastoorpoor M, Khalifehkandi ZR, Nouri A, Mostafaei D, Hosseini M, et al. The Concept of Successful Aging: A Review Article. *Curr Aging Sci*. 2020 Oct 28;13(1):4.
21. Kirkwood TBL, Austad SN. Why do we age? *Nature*. 2000 Nov 9;408(6809):233–8.
22. Galkin F, Zhang B, Dmitriev SE, Gladyshev VN. Reversibility of irreversible aging. *Ageing Res Rev*. 2019 Jan 1;49:104–14.
23. Nascimento CM, Ingles M, Salvador-Pascual A, Cominetti MR, Gomez-Cabrera MC, Viña J. Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. *Free Radic Biol Med*. 2019 Feb 20;132:42–9.
24. Fried L, Tangen C, ... JW. Fragilidad en adultos mayores: evidencia de un fenotipo. *Los diarios de*. 2001;
25. Gobbens RJJ, Van Assen MALM, Luijckx KG, Schols JMGA. The predictive validity of the tilburg frailty indicator: Disability, health care utilization, and quality of life in a population at risk. *Gerontologist*. 2012 Oct;52(5):619–31.
26. Hoogendijk EO, Afilalo J, Ensrud KE, Kowal P, Onder G, Fried LP. Frailty: implications for clinical practice and public health. *Lancet*. 2019 Oct 12;394(10206):1365–75.
27. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(3).
28. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *Lancet*. 2019 Jun 29;393(10191):2636–46.
29. van Kan GA, Rolland Y, Houles M, Gillette-Guyonnet S, Soto M, Vellas B. The assessment of frailty in older adults. *Clin Geriatr Med*. 2010 May;26(2):275–86.
30. Rockwood K, Fox RA, Stolee P, Robertson D, Beattie BL. Frailty in elderly people: an evolving concept. *C Can Med Assoc J*. 1994 Feb 2;150(4):489.
31. Bouillon K, Kivimaki M, Hamer M, Sabia S, Fransson EI, Singh-Manoux A, et al. Measures of frailty in population-based studies: an overview. *BMC Geriatr*. 2013;13(1).

32. Morley JE, Malmstrom TK, Miller DK. A simple frailty questionnaire (FRAIL) predicts outcomes in middle aged african americans. *J Nutr Heal Aging*. 2012 Jan 11;16(7):601–8.
33. Kim E, Sok SR, Won CW. Factors affecting frailty among community-dwelling older adults: A multi-group path analysis according to nutritional status. *Int J Nurs Stud*. 2021 Mar 1;115:103850.
34. Collard RM, Boter H, Schoevers RA, Oude Voshaar RC. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: A systematic review. *J Am Geriatr Soc*. 2012 Aug;60(8):1487–92.
35. King-Kallimanis BL, Kenny RA, Savva GM. Factor structure for the frailty syndrome was consistent across Europe. *J Clin Epidemiol*. 2014 Sep 1;67(9):1008–15.
36. Zheng Z, Guan S, Ding H, Wang Z, Zhang J, Zhao J, et al. Prevalence and Incidence of Frailty in Community-Dwelling Older People: Beijing Longitudinal Study of Aging II. *J Am Geriatr Soc*. 2016 Jun 1;64(6):1281–6.
37. O’Caoimh R, Galluzzo L, Rodríguez-Laso Á, Van Der Heyden J, Ranhoff AH, Lamprini-Koula M, et al. Prevalence of frailty at population level in European ADVANTAGE Joint Action Member States: a systematic review and meta-analysis. *Ann Ist Super Sanita*. 2018;54(3):226–38.
38. Feng Z, Lugtenberg M, Franse C, Fang X, Hu S, Jin C, et al. Risk factors and protective factors associated with incident or increase of frailty among community-dwelling older adults: A systematic review of longitudinal studies. *PLoS One*. 2017 Jun 1;12(6).
39. Rockwood K, Howlett SE. Fifteen years of progress in understanding frailty and health in aging. *BMC Med*. 2018 Nov 27;16(1):1–4.
40. Rodríguez-García M, Gómez-Alonso C, Rodríguez-Rebollar A, Palomo-Antequera C, Martín-Vírgala J, Martín-Carro B, et al. Efecto de la fragilidad y la sarcopenia sobre el riesgo de caídas y de fracturas osteoporóticas en población no seleccionada. *Rev Osteoporos y Metab Miner*. 2020 Jul 1;12(3):81–6.
41. Rosenberg IH. Summary comments. *Am J Clin Nutr*. 1989 Nov 1;50(5):1231–3.
42. Sayer AA, Cruz-Jentoft A. Sarcopenia definition, diagnosis and treatment: consensus is growing. *Age Ageing*. 2022 Oct 1;51(10).
43. Evans WJ, Morley JE, Argilés J, Bales C, Baracos V, Guttridge D, et al. Cachexia: a new definition. *Clin Nutr*. 2008 Dec;27(6):793–9.
44. Cederholm T, Jensen GL, Correia MITD, Gonzalez MC, Fukushima R, Higashiguchi T, et al. GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition - A consensus report from the global clinical nutrition community. *Clin Nutr*. 2019 Feb 1;38(1):1–9.

45. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010 Apr 13;39(4):412–23.
46. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz A V., et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(10):1059–64.
47. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*. 2010 Apr;21(4):543.
48. Ibrahim K, May C, Patel HP, Baxter M, Sayer AA, Roberts H. A feasibility study of implementing grip strength measurement into routine hospital practice (GRIMP): study protocol. *Pilot feasibility Stud*. 2016 Sep 23;2(1).
49. Schaap LA, Van Schoor NM, Lips P, Visser M. Associations of Sarcopenia Definitions, and Their Components, With the Incidence of Recurrent Falling and Fractures: The Longitudinal Aging Study Amsterdam. *Journals Gerontol Ser A*. 2018 Aug 10;73(9):1199–204.
50. McLean RR, Shardell MD, Alley DE, Cawthon PM, Fragala MS, Harris TB, et al. Criteria for clinically relevant weakness and low lean mass and their longitudinal association with incident mobility impairment and mortality: the foundation for the National Institutes of Health (FNIH) sarcopenia project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69(5):576–83.
51. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*. 2011;12(4):249–56.
52. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020 Mar 1;21(3):300-307.e2.
53. Vellas B, Fielding RA, Bens C, Bernabei R, Cawthon PM, Cederholm T, et al. Implications of ICD-10 for Sarcopenia Clinical Practice and Clinical Trials: Report by the International Conference on Frailty and Sarcopenia Research Task Force. *J frailty aging*. 2018;7(1):2–9.
54. Keller K, Engelhardt M. Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2013 Oct;3(4):346.
55. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc*. 2004 Jan;52(1):80–5.
56. Damluji AA, Alfaraidhy M, AlHajri N, Rohant NN, Kumar M, Al Malouf C, et al. Sarcopenia and Cardiovascular Diseases. *Circulation*. 2023 May 5;147(20):1534.

57. Mijnders DM, Meijers JMM, Halfens RJG, Ter Borg S, Luiking YC, Verlaan S, et al. Validity and reliability of tools to measure muscle mass, strength, and physical performance in community-dwelling older people: a systematic review. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(3):170–8.
58. Ackermans LLGC, Rabou J, Basrai M, Schweinlin A, Bischoff SC, Cussenot O, et al. Screening, diagnosis and monitoring of sarcopenia: When to use which tool? *Clin Nutr ESPEN*. 2022 Apr 1;48:36–44.
59. Buckinx F, Landi F, Cesari M, Fielding RA, Visser M, Engelke K, et al. Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for a reference standard. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018 Apr 1;9(2):269.
60. Masanés F, Rojano i Luque X, Salvà A, Serra-Rexach JA, Artaza I, Formiga F, et al. Cut-off Points for Muscle Mass - Not Grip Strength or Gait Speed - Determine Variations in Sarcopenia Prevalence. *J Nutr Health Aging*. 2017 Jul 1;21(7):825–9.
61. Treviño-Aguirre E, López-Teros T, Gutiérrez-Robledo L, Vandewoude M, Pérez-Zepeda M. Availability and use of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) and bio-impedance analysis (BIA) for the evaluation of sarcopenia by Belgian and Latin American geriatricians. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2014 Mar 1;5(1):79–81.
62. Cho MR, Lee S, Song SK. A Review of Sarcopenia Pathophysiology, Diagnosis, Treatment and Future Direction. *J Korean Med Sci*. 2022 May 5;37(18).
63. Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, Baracos V, Bauer J, Bhasin S, et al. Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *J Am Med Dir Assoc*. 2011;12(6):403–9.
64. Malmstrom TK, Morley JE. SARC-F: A Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*. 2013 Aug 1;14(8):531–2.
65. Ishii S, Tanaka T, Shibasaki K, Ouchi Y, Kikutani T, Higashiguchi T, et al. Development of a simple screening test for sarcopenia in older adults. *Geriatr Gerontol Int*. 2014 Feb;14 Suppl 1(SUPPL.1):93–101.
66. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS One*. 2014 Dec 4;9(12).
67. Cesari M, Kritchevsky SB, Newman AB, Simonsick EM, Harris TB, Penninx BW, et al. Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*. 2009 Feb;57(2):251–9.
68. Cooper C, Fielding R, Visser M, Van Loon LJ, Rolland Y, Orwoll E, et al. Tools in the assessment of sarcopenia. *Calcif Tissue Int*. 2013 Sep;93(3):201–10.



69. Cawthon PM, Peters KW, Shardell MD, McLean RR, Dam TTL, Kenny AM, et al. Cutpoints for low appendicular lean mass that identify older adults with clinically significant weakness. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69(5):567–75.
70. Kim KM, Jang HC, Lim S. Differences among skeletal muscle mass indices derived from height-, weight-, and body mass index-adjusted models in assessing sarcopenia. *Korean J Intern Med*. 2016 Jul 1;31(4):643.
71. Gould H, Brennan SL, Kotowicz MA, Nicholson GC, Pasco JA. Total and appendicular lean mass reference ranges for Australian men and women: the Geelong osteoporosis study. *Calcif Tissue Int*. 2014;94(4):363–72.
72. Baracos VE, Reiman T, Mourtzakis M, Gioulbasanis I, Antoun S. Body composition in patients with non-small cell lung cancer: a contemporary view of cancer cachexia with the use of computed tomography image analysis. *Am J Clin Nutr*. 2010 Apr 1;91(4).
73. So JL, Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Relation between whole-body and regional measures of human skeletal muscle. *Am J Clin Nutr*. 2004;80(5):1215–21.
74. Pavasini R, Guralnik J, Brown JC, di Bari M, Cesari M, Landi F, et al. Short Physical Performance Battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2016 Dec 22;14(1).
75. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994;49(2).
76. Newman AB, Simonsick EM, Naydeck BL, Boudreau RM, Kritchevsky SB, Nevitt MC, et al. Association of long-distance corridor walk performance with mortality, cardiovascular disease, mobility limitation, and disability. *JAMA*. 2006;295(17):2018–26.
77. Pagotto V, Silveira EA. Methods, diagnostic criteria, cutoff points, and prevalence of sarcopenia among older people. *ScientificWorldJournal*. 2014;2014.
78. Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, Lara J, Ho FK, Pell JP, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022 Feb 1;13(1):86–99.
79. Do Nascimento PRC, Bilodeau M, Poitras S. How do we define and measure sarcopenia? A meta-analysis of observational studies. *Age Ageing*. 2021 Nov 1;50(6):1906–13.
80. Yuan S, Larsson SC. Epidemiology of sarcopenia: Prevalence, risk factors, and consequences. *Metabolism*. 2023 Jul 1;144:155533.
81. Mayhew AJ, Amog K, Phillips S, Parise G, McNicholas PD, De Souza RJ, et al. The prevalence of sarcopenia in community-dwelling older adults, an exploration of differences

between studies and within definitions: a systematic review and meta-analyses. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):48–56.

82. Papadopoulou SK, Tsintavis P, Potsaki G, Papandreou D. Differences in the Prevalence of Sarcopenia in Community-Dwelling, Nursing Home and Hospitalized Individuals. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Nutr Health Aging*. 2020 Jan 1;24(1):83–90.

83. Kirchengast S, Huber J. Gender and age differences in lean soft tissue mass and sarcopenia among healthy elderly. *Anthropol Anz*. 2009 Jun;67(2):139–51.

84. Burger HG, Dudley EC, Robertson DM, Dennerstein L. Hormonal changes in the menopause transition. *Recent Prog Horm Res*. 2002;57:257–75.

85. Juul A, Skakkebaek NE. Androgens and the ageing male. *Hum Reprod Update*. 2002 Sep;8(5):423–33.

86. Rubio-Maicas C, Duarte-Alfonso E, Beseler-Soto MR, Moreno-Muñoz I, Moral-Moral P, Merino-Torres JF. Prevalence of sarcopenia in a media and long stay Unit. *Rev Clin Esp*. 2014;214(6):303–8.

87. Smoliner C, Sieber CC, Wirth R. Prevalence of sarcopenia in geriatric hospitalized patients. *J Am Med Dir Assoc*. 2014;15(4):267–72.

88. Deschenes MR. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med*. 2004;34(12):809–24.

89. Dardevet D, Rémond D, Peyron MA, Papet I, Savary-Auzeloux I, Mosoni L. Muscle wasting and resistance of muscle anabolism: The ‘anabolic threshold concept’ for adapted nutritional strategies during sarcopenia. *Sci World J*. 2012;2012.

90. Volpato S, Bianchi L, Cherubini A, Landi F, Maggio M, Savino E, et al. Prevalence and clinical correlates of sarcopenia in community-dwelling older people: application of the EWGSOP definition and diagnostic algorithm. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014 Apr 1;69(4):438–46.

91. Papadopoulou SK, Papadimitriou K, Voulgaridou G, Georgaki E, Tsofidou E, Zantidou O, et al. Exercise and Nutrition Impact on Osteoporosis and Sarcopenia-The Incidence of Osteosarcopenia: A Narrative Review. *Nutrients*. 2021 Dec 1;13(12).

92. Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta- analysis of general population studies. *J Diabetes Metab Disord*. 2017 May 16;16(1).

93. Steffl M, Bohannon RW, Petr M, Kohlikova E, Holmerova I. Relation between cigarette smoking and sarcopenia: meta-analysis. *Physiol Res*. 2015;64(3):419–26.

94. Steffl M, Bohannon RW, Petr M, Kohlikova E, Holmerova I. Alcohol consumption as a risk factor for sarcopenia - a meta-analysis. *BMC Geriatr*. 2016 May 11;16(1).

95. Pourmotabbed A, Ghaedi E, Babaei A, Mohammadi H, Khazaie H, Jalili C, et al. Sleep duration and sarcopenia risk: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Sleep Breath*. 2020 Dec 1;24(4):1267–78.
96. Gao Q, Hu K, Yan C, Zhao B, Mei F, Chen F, et al. Associated factors of sarcopenia in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2021 Dec 1;13(12).
97. Marzetti E, Calvani R, Cesari M, Buford TW, Lorenzi M, Behnke BJ, et al. Mitochondrial dysfunction and sarcopenia of aging: from signaling pathways to clinical trials. *Int J Biochem Cell Biol*. 2013;45(10):2288–301.
98. Cruz-Jentoft AJ, Kiesswetter E, Drey M, Sieber CC. Nutrition, frailty, and sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*. 2017 Feb 1;29(1):43–8.
99. Landi F, Calvani R, Tosato M, Martone A, Ortolani E. Ingesta de proteínas y salud muscular en la vejez: de la plausibilidad biológica a la evidencia clínica. *Nutrientes*. 2016;
100. Liu C, Cheung WH, Li J, Chow SKH, Yu J, Wong SH, et al. Understanding the gut microbiota and sarcopenia: a systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2021 Dec 1;12(6):1393–407.
101. Peng TC, Chen WL, Wu LW, Chang YW, Kao TW. Sarcopenia and cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. 2020 Sep 1;39(9):2695–701.
102. Han P, Yu H, Ma Y, Kang L, Fu L, Jia L, et al. The increased risk of sarcopenia in patients with cardiovascular risk factors in Suburb-Dwelling older Chinese using the AWGS definition. *Sci Rep*. 2017 Dec 1;7(1).
103. Piotrowicz K, Klich-Raczka A, Skalska A, Gąsowski J, Gryglewska B, Grodzicki T. Pulse Wave Velocity and Sarcopenia in Older Persons-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jun 1;19(11).
104. Komici K, Dello Iacono A, De Luca A, Perrotta F, Bencivenga L, Rengo G, et al. Adiponectin and Sarcopenia: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021 Apr 15;12.
105. Luo J, Quan Z, Lin S, Cui L. The association between blood concentration of 25-hydroxyvitamin D and sarcopenia: a meta-analysis. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2018 Nov 1;27(6):1258–70.
106. Du Y, Oh C, No J. Associations between Sarcopenia and Metabolic Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Obes Metab Syndr*. 2018;27(3):175–85.
107. Sepúlveda-Loyola W, Osadnik C, Phu S, Morita AA, Duque G, Probst VS. Diagnosis, prevalence, and clinical impact of sarcopenia in COPD: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2020 Oct 1;11(5):1164–76.

108. Veronese N, Pizzol D, Demurtas J, Soysal P, Smith L, Sieber C, et al. Association between sarcopenia and diabetes: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Eur Geriatr Med*. 2019 Oct 1;10(5):685–96.
109. Chang KV, Hsu TH, Wu WT, Huang KC, Han DS. Is sarcopenia associated with depression? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Age Ageing*. 2017 Sep 1;46(5):738–46.
110. Zhang X, Huang P, Dou Q, Wang C, Zhang W, Yang Y, et al. Falls among older adults with sarcopenia dwelling in nursing home or community: A meta-analysis. *Clin Nutr*. 2020 Jan 1;39(1):33–9.
111. Buckinx F, Aubertin-Leheudre M. Sarcopenia in Menopausal Women: Current Perspectives. *Int J Womens Health*. 2022;14:805.
112. Carson JA, Manolagas SC. Effects of sex steroids on bones and muscles: Similarities, parallels, and putative interactions in health and disease. *Bone*. 2015 Nov 1;80:67–78.
113. Geraci A, Calvani R, Ferri E, Marzetti E, Arosio B, Cesari M. Sarcopenia and Menopause: The Role of Estradiol. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021 May 19;12.
114. Lemoine S, Granier P, Tiffocche C, Rannou-Bekono F, Thieulant ML, Delamarche P. Estrogen receptor alpha mRNA in human skeletal muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 Mar 1;35(3):439–43.
115. Roubenoff R. Catabolism of aging: is it an inflammatory process? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2003 May;6(3):295–9.
116. Kim YJ, Tamadon A, Park HT, Kim H, Ku S-Y. The role of sex steroid hormones in the pathophysiology and treatment of sarcopenia. *Osteoporos sarcopenia*. 2016 Sep;2(3):140–55.
117. Tyagi V, Scordo M, Yoon RS, Liporace FA, Greene LW. Revisiting the role of testosterone: Are we missing something? *Rev Urol*. 2017;19(1):16–24.
118. Stanikova D, Zsido RG, Luck T, Pabst A, Enzenbach C, Bae YJ, et al. Testosterone imbalance may link depression and increased body weight in premenopausal women. *Transl Psychiatry*. 2019 Dec 1;9(1).
119. Lee CE, McArdle A, Griffiths RD. The role of hormones, cytokines and heat shock proteins during age-related muscle loss. *Clin Nutr*. 2007 Oct;26(5):524–34.
120. Pedersen BK. Muscle as a secretory organ. *Compr Physiol*. 2013;3(3):1337–62.
121. Beaudart C, Demonceau C, Reginster JY, Locquet M, Cesari M, Cruz Jentoft AJ, et al. Sarcopenia and health-related quality of life: A systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2023 Jun 1;14(3):1228.

122. Tsekoura M, Kastrinis A, Katsoulaki M, Billis E, Gliatis J. Sarcopenia and Its Impact on Quality of Life. *Adv Exp Med Biol.* 2017;987:213–8.
123. Senior HE, Henwood TR, Beller EM, Mitchell GK, Keogh JWL. Prevalence and risk factors of sarcopenia among adults living in nursing homes. *Maturitas.* 2015 Dec 1;82(4):418–23.
124. Beudart C, Zaaria M, Pasleau F, Reginster JY, Bruyère O. Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2017 Jan 1;12(1):169548.
125. Fiuzza-Luces C, Garatachea N, Berger NA, Lucia A. Exercise is the real polypill. *Physiology (Bethesda).* 2013 Sep 1;28(5):330–58.
126. Nishikawa H, Asai A, Fukunishi S, Nishiguchi S, Higuchi K. Metabolic Syndrome and Sarcopenia. *Nutrients.* 2021 Oct 1;13(10).
127. Izzo A, Massimino E, Riccardi G, Della Pepa G. A Narrative Review on Sarcopenia in Type 2 Diabetes Mellitus: Prevalence and Associated Factors. *Nutrients.* 2021 Jan 1;13(1):1–18.
128. Bai T, Fang F, Li F, Ren Y, Hu J, Cao J. Sarcopenia is associated with hypertension in older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr.* 2020 Aug 6;20(1).
129. Okamura M, Konishi M, Butler J, Kalantar-Zadeh K, von Haehling S, Anker SD. Kidney function in cachexia and sarcopenia: Facts and numbers. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2023;14(4).
130. Okamura H, Kimura N, Mieno M, Yuri K, Yamaguchi A. Preoperative sarcopenia is associated with late mortality after off-pump coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020 Jul 1;58(1):121–9.
131. Allen SL, Quinlan JI, Dhaliwal A, Armstrong MJ, Elsharkawy AM, Greig CA, et al. Sarcopenia in chronic liver disease: mechanisms and countermeasures. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2021 Mar 1;320(3):G241–57.
132. Hsu CS, Kao JH. Sarcopenia and chronic liver diseases. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol.* 2018 Dec 2;12(12):1229–44.
133. Joo SK, Kim W. Interaction between sarcopenia and nonalcoholic fatty liver disease. *Clin Mol Hepatol.* 2023 Feb 1;29(Suppl):S68–78.
134. Schiaffino S, Reggiani C, Murgia M. Fiber type diversity in skeletal muscle explored by mass spectrometry-based single fiber proteomics. *Histol Histopathol.* 2020 Mar 1;35(3):239–46.
135. Yin H, Price F, Rudnicki MA. Satellite Cells and the Muscle Stem Cell Niche. *Physiol Rev.* 2013 Jan 1;93(1):23.
136. Evans WJ, Campbell WW. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr.* 1993;123(2 Suppl):465–8.

137. Doherty TJ. Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol.* 2003 Oct 1;95(4):1717–27.
138. Mastaglia SR. Osteosarcopenia: un factor de riesgo para fracturas osteoporóticas. 2018;
139. Beavers KM, Beavers DP, Houston DK, Harris TB, Hue TF, Koster A, et al. Associations between body composition and gait-speed decline: results from the Health, Aging, and Body Composition study. *Am J Clin Nutr.* 2013 Mar 1;97(3):552.
140. Baumgartner RN. Body composition in healthy aging. *Ann N Y Acad Sci.* 2000;904:437–48.
141. Dent E, Morley JE, Cruz-Jentoft AJ, Arai H, Kritchevsky SB, Guralnik J, et al. International Clinical Practice Guidelines for Sarcopenia (ICFSR): Screening, Diagnosis and Management. *J Nutr Health Aging.* 2018 Dec 1;22(10):1148–61.
142. Lu L, Mao L, Feng Y, Ainsworth BE, Liu Y, Chen N. Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr.* 2021 Dec 1;21(1).
143. Yoshimura Y, Wakabayashi H, Yamada M, Kim H, Harada A, Arai H. Interventions for Treating Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *J Am Med Dir Assoc.* 2017 Jun 1;18(6):553.e1-553.e16.
144. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose–Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med.* 2015 Dec 1;45(12):1693–720.
145. Manini TM, Clark BC, Tracy BL, Burke J, Ploutz-Snyder L. Resistance and functional training reduces knee extensor position fluctuations in functionally limited older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2005 Dec 29;95(5–6):436–46.
146. Jyväkorpi SK, Ramel A, Strandberg TE, Piotrowicz K, Błaszczyk-Bębenek E, Urtamo A, et al. The sarcopenia and physical frailty in older people: multi-component treatment strategies (SPRINTT) project: description and feasibility of a nutrition intervention in community-dwelling older Europeans. *Eur Geriatr Med.* 2021 Apr 1;12(2):303–12.
147. Bernabei R, Landi F, Calvani R, Cesari M, Signore S Del, Anker SD, et al. Multicomponent intervention to prevent mobility disability in frail older adults: randomised controlled trial (SPRINTT project). *BMJ.* 2022 May 11;377.
148. Feike Y, Zhijie L, Wei C. Advances in research on pharmacotherapy of sarcopenia. *Aging Med (milt).* 2021 Sep 1;4(3):221–33.
149. Gumieiro DN, Murino Rafacho BP, Buzati Pereira BL, Cavallari KA, Tanni SE, Azevedo PS, et al. Vitamin D serum levels are associated with handgrip strength but not with muscle mass or length of hospital stay after hip fracture. *Nutrition.* 2015 Jul 1;31(7–8):931–4.

150. Girgis CM, Baldock PA, Downes M. Vitamin D, muscle and bone: Integrating effects in development, aging and injury. *Mol Cell Endocrinol*. 2015 Jul 15;410:3–10.
151. De Spiegeleer A, Beckwée D, Bautmans I, Petrovic M, Beudart C, Beyer I, et al. Pharmacological Interventions to Improve Muscle Mass, Muscle Strength and Physical Performance in Older People: An Umbrella Review of Systematic Reviews and Meta-analyses. *Drugs Aging*. 2018 Aug 1;35(8):719–34.
152. Papanicolaou DA, Ather SN, Zhu H, Zhou Y, Lutkiewicz J, Scott BB, et al. A phase IIA randomized, placebo-controlled clinical trial to study the efficacy and safety of the selective androgen receptor modulator (SARM), MK-0773 in female participants with sarcopenia. *J Nutr Heal Aging*. 2013 May 2;17(6):533–43.
153. McPhee JS, French DP, Jackson D, Nazroo J, Pendleton N, Degens H. Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing and frailty. *Biogerontology*. 2016 Jun 1;17(3):567.
154. Dasso NA. How is exercise different from physical activity? A concept analysis. *Nurs Forum*. 2019 Jan 1;54(1):45–52.
155. Marzetti E, Calvani R, Tosato M, Cesari M, Di Bari M, Cherubini A, et al. Physical activity and exercise as countermeasures to physical frailty and sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*. 2017 Feb 1;29(1):35–42.
156. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985 Mar-Apr;100(2):126-31.
157. Shimokata H, Kuzuya F. [Aging, basal metabolic rate, and nutrition]. *Nihon Ronen Igakkai Zasshi*. 1993;30(7):572–6.
158. Global Physical Activity Action Plan 2018-2030: more active people for a healthier world. [Internet]. [cited 2023 Oct 28]. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/327897>
159. Morishita S, Tsubaki A, Nakamura M, Nashimoto S, Fu JB, Onishi H. Rating of perceived exertion on resistance training in elderly subjects. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2019 Feb 1;17(2):135–42.
160. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*. 1970;2(2):92-8.
161. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377-81.
162. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Dec 1;25 Suppl 3:1–72.

163. Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*. 2006 Mar 14;174(6):801–9.
164. Lamb SE, Becker C, Gillespie LD, Smith JL, Finnegan S, Potter R, et al. Reporting of complex interventions in clinical trials: development of a taxonomy to classify and describe fall-prevention interventions. *Trials*. 2011 May 17;12.
165. Bouaziz W, Lang PO, Schmitt E, Kaltenbach G, Geny B, Vogel T. Health benefits of multicomponent training programmes in seniors: a systematic review. *Int J Clin Pract*. 2016 Jul 1;70(7):520–36.
166. Cristi-Montero C, Celis-Morales C, Ramírez-Campillo R, Aguilar-Farías N, Álvarez C, Rodríguez-Rodríguez F. ¿Sedentarismo e inactividad física no son lo mismo!: una actualización de conceptos orientada a la prescripción del ejercicio físico para la salud. *Rev Med Chil*. 2015 Aug 1;143(8):1089–90.
167. Moreira NB, Rodacki ALF, Costa SN, Pitta A, Bento PCB. Perceptive-Cognitive and Physical Function in Prefrail Older Adults: Exergaming Versus Traditional Multicomponent Training. *Rejuvenation Res*. 2021 Feb 1;24(1):28–36.
168. Makizako H, Nakai Y, Tomioka K, Taniguchi Y, Sato N, Wada A, et al. Effects of a Multicomponent Exercise Program in Physical Function and Muscle Mass in Sarcopenic/Pre-Sarcopenic Adults. *J Clin Med*. 2020 May 1;9(5).
169. Cardoso AP, Pereira ZS, Júnior DBL, Araújo-Gomes RC, Carvalho PDP, Rivera LFS, et al. Efectos de un programa de entrenamiento multicomponente sobre indicadores de salud física y cognitiva de mujeres mayores. *Ciencias la Act Física UCM*. 2021 Jun 10;22(1):1–19.
170. Sobrinho AC da S, de Almeida ML, Rodrigues G da S, Finzeto LC, Silva VRR, Bernatti RF, et al. Effect of flexibility training associated with multicomponent training on posture and quality of movement in physically inactive older women: A randomized study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Oct 1;18(20):10709.
171. Linhares DG, Borba-Pinheiro CJ, Castro JBP de, Santos AOB dos, Santos LL dos, Cordeiro L de S, et al. Effects of Multicomponent Exercise Training on the Health of Older Women with Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Nov 1;19(21):14195.
172. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(2):364–80.
173. Gonzalez AM, Mangine GT, Fragala MS, Stout JR, Beyer KS, Bohner JD, et al. Resistance training improves single leg stance performance in older adults. *Aging Clin Exp Res*. 2014;26(1):89–92.



174. Suetta C, Magnusson SP, Rosted A, Aagaard P, Jakobsen AK, Larsen LH, et al. Resistance training in the early postoperative phase reduces hospitalization and leads to muscle hypertrophy in elderly hip surgery patients—a controlled, randomized study. *J Am Geriatr Soc*. 2004 Dec;52(12):2016–22.
175. Hassan BH, Hewitt J, Keogh JWL, Bermeo S, Duque G, Henwood TR. Impact of resistance training on sarcopenia in nursing care facilities: A pilot study. *Geriatr Nurs*. 2016 Mar 1;37(2):116–21.
176. Marzetti E, Lawler JM, Hiona A, Manini T, Seo AY, Leeuwenburgh C. Modulation of age-induced apoptotic signaling and cellular remodeling by exercise and calorie restriction in skeletal muscle. *Free Radic Biol Med*. 2008 Jan 15;44(2):160–8.
177. Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després JP, Dishman RK, Franklin BA, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(6):975–91.
178. Baechle T, Earle R, Baechle T. NSCA's essentials of personal training. 2004;
179. Beckwée D, Delaere A, Aelbrecht S, Baert V, Beudart C, Bruyere O, et al. Exercise Interventions for the Prevention and Treatment of Sarcopenia. A Systematic Umbrella Review. *J Nutr Health Aging*. 2019 Jun 1;23(6):494–502.
180. Hurst C, Robinson SM, Witham MD, Dodds RM, Granic A, Buckland C, et al. Resistance exercise as a treatment for sarcopenia: prescription and delivery. *Age Ageing*. 2022 Feb 1;51(2):1–10.
181. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Med*. 2018 Apr 1;48(4):765–85.
182. Reid KF, Pasha E, Doros G, Clark DJ, Patten C, Phillips EM, et al. Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. *Eur J Appl Physiol*. 2014 Jan;114(1):29–39.
183. Bean JF, Kiely DK, LaRose S, Alian J, Frontera WR. Is stair climb power a clinically relevant measure of leg power impairments in at-risk older adults? *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 May;88(5):604–9.
184. Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, et al. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(4).
185. Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing*. 1994 Sep;23(5):371–7.

186. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2007 Feb;99(3):257–64.
187. Ramírez-Campillo R, Castillo A, de la Fuente CI, Campos-Jara C, Andrade DC, Álvarez C, et al. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*. 2014;58:51–7.
188. Miszko TA, Cress ME, Slade JM, Covey CJ, Agrawal SK, Doerr CE. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003 Feb 1;58(2):171–5.
189. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(5):902–14.
190. el Hadouchi M, Kiers H, de Vries R, Veenhof C, van Dieën J. Effectiveness of power training compared to strength training in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur Rev Aging Phys Act*. 2022 Dec 1;19(1).
191. da Rosa Orssatto LB, de la Rocha Freitas C, Shield AJ, Silveira Pinto R, Trajano GS. Effects of resistance training concentric velocity on older adults' functional capacity: A systematic review and meta-analysis of randomised trials. *Exp Gerontol*. 2019 Nov 1;127.
192. Tschopp M, Sattelmayer MK, Hilfiker R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age Ageing*. 2011 Sep;40(5):549–56.
193. Balachandran AT, Steele J, Angielczyk D, Belio M, Schoenfeld BJ, Quiles N, et al. Comparison of Power Training vs Traditional Strength Training on Physical Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2022 May 11;5(5).
194. Análisis De La Capacidad EY. Evaluación y análisis de la capacidad funcional en personas mayores que realizan revitalización geriátrica en un periodo de cuatro años. 2016;
195. Moreno Mateos A. Evaluación de un programa de revitalización geriátrica mediante la realización de ejercicio físico en una población urbana. 2021;
196. Sánchez-González JL, Sánchez-Rodríguez JL, Juárez-Vela R, de Viñaspre-Hernandez RR, González-Sarmiento R, Martín-Vallejo FJ. Analysis of Telomere Length and Its Implication in Neurocognitive Functions in Elderly Women. *J Clin Med* 2022, Vol 11, Page 1728. 2022 Mar 21;11(6):1728.
197. Cobos-Carbó A, Augustovski F. Declaración CONSORT 2010: actualización de la lista de comprobación para informar ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos. *Med Clin (Barc)*. 2011 Jul 23;137(5):213–5.

198. Goldberg A, Chavis M, Watkins J, Wilson T. The five-times-sit-to-stand test: validity, reliability and detectable change in older females. *Aging Clin Exp Res.* 2012;24(4):339–44.
199. Vlietstra L, Kirk B, Duque G, Qualls C, Vellas B, Andrieu S, et al. Using minimal clinically important differences to measure long-term transitions of osteosarcopenia: The New Mexico Aging Process Study. *Exp Gerontol.* 2023 Mar 1;173:112106.
200. Bobos P, Nazari G, Lu Z, MacDermid JC. Measurement Properties of the Hand Grip Strength Assessment: A Systematic Review With Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020 Mar 1;101(3):553–65.
201. Picorelli AMA, Pereira LSM, Pereira DS, Felício D, Sherrington C. Adherence to exercise programs for older people is influenced by program characteristics and personal factors: a systematic review. *J Physiother.* 2014;60(3):151–6.
202. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport.* 1999 Jun 1;70(2):113–9.
203. Lee SH, Gong HS. Measurement and Interpretation of Handgrip Strength for Research on Sarcopenia and Osteoporosis. *J Bone Metab.* 2020 May 1;27(2):85.
204. Peolsson A, Hedlund R, Oberg B. Intra- and inter-tester reliability and reference values for hand strength. *J Rehabil Med.* 2001;33(1):36–41.
205. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am.* 1984;9(2):222–6.
206. Cildan Uysal S, Tonak HA, Kitis A. Validity, reliability and test-retest study of Grip strength measurement in two positions with two dynamometers: Jamar® Plus and K-Force® Grip. *Hand Surg Rehabil.* 2022 Jun 1;41(3):305–10.
207. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing.* 2011 Jul;40(4):423–9.
208. Parra-Rodríguez L, Szejf C, García-González AI, Malmstrom TK, Cruz-Arenas E, Rosas-Carrasco O. Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Spanish-Language Version of the SARC-F to Assess Sarcopenia in Mexican Community-Dwelling Older Adults. *J Am Med Dir Assoc.* 2016 Dec 1;17(12):1142–6.
209. Kim S, Kim M, Won CW. Validation of the Korean Version of the SARC-F Questionnaire to Assess Sarcopenia: Korean Frailty and Aging Cohort Study. *J Am Med Dir Assoc.* 2018 Jan 1;19(1):40-45.e1.
210. Ardeljan AD, Hurezeanu R. Sarcopenia. *StatPearls.* 2022 Jul 4;

211. Woo J, Leung J, Morley JE. Validating the SARC-F: a suitable community screening tool for sarcopenia? *J Am Med Dir Assoc*. 2014;15(9):630–4.
212. Ida S, Murata K, Nakadachi D, Ishihara Y, Imataka K, Uchida A, et al. Development of a Japanese version of the SARC-F for diabetic patients: an examination of reliability and validity. *Aging Clin Exp Res*. 2017 Oct 1;29(5):935–42.
213. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16–31.
214. Kiefer LS, Fabian J, Lorbeer R, Machann J, Storz C, Kraus MS, et al. Inter- and intra-observer variability of an anatomical landmark-based, manual segmentation method by MRI for the assessment of skeletal muscle fat content and area in subjects from the general population. *Br J Radiol*. 2018;91(1089).
215. Yamada Y, Nishizawa M, Uchiyama T, Kasahara Y, Shindo M, Miyachi M, et al. Developing and Validating an Age-Independent Equation Using Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis for Estimation of Appendicular Skeletal Muscle Mass and Establishing a Cutoff for Sarcopenia. *Int J Environ Res Public Health*. 2017 Jul 19;14(7).
216. Kyle UG, Genton L, Hans D, Pichard C. Validation of a bioelectrical impedance analysis equation to predict appendicular skeletal muscle mass (ASMM). *Clin Nutr*. 2003;22(6):537–43.
217. Gonzalez MC, Heymsfield SB. Bioelectrical impedance analysis for diagnosing sarcopenia and cachexia: what are we really estimating? *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017 Apr 1;8(2):187–9.
218. Guidelines (2013) for managing overweight and obesity in adults. Preface to the Expert Panel Report (comprehensive version which includes systematic evidence review, evidence statements, and recommendations). *Obesity (Silver Spring)*. 2014 Jul 1;22 Suppl 2:S40.
219. Índice de Quetelet (W/H<sup>2</sup>) como medida de gordura - PubMed [Internet]. [cited 2023 May 26]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4030199/>
220. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894.
221. Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obes Rev*. 2001;2(3):141–7.
222. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23(5):1226–43.
223. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr*. 2000 Sep 1;72(3):694–701.

224. Kissebah AH, Vydelingum N, Murray R, Evans DJ, Kalkhoff RK, Adams PW. Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab.* 1982;54(2):254–60.
225. Frank AP, De Souza Santos R, Palmer BF, Clegg DJ. Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks. *J Lipid Res.* 2019;60(10):1710.
226. Jensen MD. Visceral Fat: Culprit or Canary? *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2020 Jun 1;49(2):229–37.
227. van der Poorten D, Milner KL, Hui J, Hodge A, Trenell MI, Kench JG, et al. Visceral fat: A key mediator of steatohepatitis in metabolic liver disease. *Hepatology.* 2008 Aug 1;48(2):449–57.
228. Frank AP, De Souza Santos R, Palmer BF, Clegg DJ. Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks. *J Lipid Res.* 2019;60(10):1710–9.
229. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *J Appl Physiol.* 2000;89(1):81–8.
230. Ross R, Neeland IJ, Yamashita S, Shai I, Seidell J, Magni P, et al. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nat Rev Endocrinol.* 2020 Mar 1;16(3):177.
231. Formiguera Sala X. [Waist circumference and metabolic and cardiovascular risk]. *Med Clin (Barc).* 2005 Jun 11;125(2):59–60.
232. Campana EMG, Brandão AA. Waist Circumference: A Parameter of Vascular Health. *Arq Bras Cardiol.* 2022;119(2):265–6.
233. Lord SR, Delbaere K, Sturnieks DL. Aging. *Handb Clin Neurol.* 2018 Jan 1;159:157–71.
234. Li W, Gamber M, Han J, Sun W, Yu T. The Association Between Pain and Fall Among Middle-Aged and Older Chinese. *Pain Manag Nurs.* 2021 Jun 1;22(3):343–8.
235. Middleton A, Fritz SL, Lusardi M. Walking speed: the functional vital sign. *J Aging Phys Act.* 2015 Apr 1;23(2):314–22.
236. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019 Jan 1;48(1):16–31.
237. Graham JE, Ostir G V., Fisher SR, Ottenbacher KJ. Assessing walking speed in clinical research: a systematic review. *J Eval Clin Pract.* 2008 Aug;14(4):552–62.
238. Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA.* 2011 Jan 5;305(1):50–8.

239. Minneci C, Mello AM, Mossello E, Baldasseroni S, Macchi L, Cipolletti S, et al. Comparative study of four physical performance measures as predictors of death, incident disability, and falls in unselected older persons: the insufficienza Cardiaca negli Anziani Residenti a Dicomano Study. *J Am Geriatr Soc.* 2015 Jan 1;63(1):136–41.
240. Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir G V., et al. Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55(4).
241. Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2006 May;54(5):743–9.
242. de Fátima Ribeiro Silva C, Ohara DG, Matos AP, Pinto ACPN, Pegorari MS. Short Physical Performance Battery as a Measure of Physical Performance and Mortality Predictor in Older Adults: A Comprehensive Literature Review. *Int J Environ Res Public Heal* 2021, Vol 18, Page 10612. 2021 Oct 10;18(20):10612.
243. Beaudart C, McCloskey E, Bruyère O, Cesari M, Rolland Y, Rizzoli R, et al. Sarcopenia in daily practice: assessment and management. *BMC Geriatr.* 2016;16(1):1–10.
244. D P, S R. The timed 'Up & Go': a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142–8.
245. Equilibrio en pacientes de edad avanzada: la prueba de 'levantarse y andar' - PubMed [Internet]. [cited 2023 May 26]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3487300/>
246. Bohannon RW. Reference values for the timed up and go test: a descriptive meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther.* 2006;29(2):64–8.
247. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act.* 1999;7(2):129–61.
248. Bohannon RW, Crouch RH. Two-Minute Step Test of Exercise Capacity: Systematic Review of Procedures, Performance, and Clinimetric Properties. *J Geriatr Phys Ther.* 2019 Apr 1;42(2):105–12.
249. Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986 Jun;67(6):387-9. PMID: 3487300.
250. Włodarczyk M, Adamus P, Zieliński J, Kantanista A. Effects of Velocity-Based Training on Strength and Power in Elite Athletes—A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 May 2;18(10).
251. Fritschi R, Seiler J, Gross M. Validity and Effects of Placement of Velocity-Based Training Devices. *Sport (Basel, Switzerland).* 2021 Sep 1;9(9).

252. Lopez-Torres O, Fernandez-Elias VE, Li J, Gomez-Ruano MA, Guadalupe-Grau A. Validity and Reliability of A New Low-Cost Linear Position Transducer to Measure Mean Propulsive Velocity: The ADR device. *Proc Inst Mech Eng Part P J Sport Eng Technol*. 2022;
253. Riebe D, Franklin BA, Thompson PD, Garber CE, Whitfield GP, Magal M, et al. Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. *Med Sci Sports Exerc*. 2015 Nov 1;47(11):2473–9.
254. Witham MD, Chawner M, Biase S De, Offord N, Todd O, Clegg A, et al. Content of exercise programmes targeting older people with sarcopenia or frailty – findings from a UK survey. *J Frailty, Sarcopenia Falls*. 2020 Mar 1;5(1):17.
255. Pahor M, Guralnik JM, Ambrosius WT, Blair S, Bonds DE, Church TS, et al. Effect of Structured Physical Activity on Prevention of Major Mobility Disability in Older Adults: The LIFE Study Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2014 Jun 18;311(23):2387–96.
256. Association WM. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*. 2013 Nov 27;310(20):2191–4.
257. Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A, Hult A, et al. Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2019 Jan 1;20(1):28–34.
258. Chen HT, Chung YC, Chen YJ, Ho SY, Wu HJ. Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *J Am Geriatr Soc*. 2017 Apr 1;65(4):827–32.
259. Gené Huguet L, Navarro González M, Kostov B, Ortega Carmona M, Colungo Francia C, Carpallo Nieto M, et al. Pre Frail 80: Multifactorial Intervention to Prevent Progression of Pre-Frailty to Frailty in the Elderly. *J Nutr Health Aging*. 2018 Dec 1;22(10):1266–74.
260. Serra-Prat M, Sist X, Domenich R, Jurado L, Saiz A, Rocés A, et al. Effectiveness of an intervention to prevent frailty in pre-frail community-dwelling older people consulting in primary care: a randomised controlled trial. *Age Ageing*. 2017 May 1;46(3):401–7.
261. Zech A, Drey M, Freiburger E, Hentschke C, Bauer JM, Sieber CC, et al. Residual effects of muscle strength and muscle power training and detraining on physical function in community-dwelling prefrail older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr*. 2012;12.
262. Satonaka A, Suzuki N, Kawamura M. Ratings of perceived exertion in adults with chronically physical challenges. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012 Oct;52(5):474–82.
263. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013 Jan 22;113(1):147–55.

264. Bean JF, Kiely DK, LaRose S, O'Neill E, Goldstein R, Frontera WR. Increased velocity exercise specific to task training versus the National Institute on Aging's strength training program: changes in limb power and mobility. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009 Sep;64(9):983–91.
265. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 Mar;41(3):687–708.
266. Balachandran A, Krawczyk SN, Potiaumpai M, Signorile JF. High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: a randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2014 Dec 1;60:64–71.
267. Lopes P, Pereira G, De Souza DM, Rodacki AF. Comparison between strength and power training on elderly force-generating ability. *Top Geriatr Rehabil*. 2014 Dec 12;30(4):264–9.
268. Marsh AP, Miller ME, Rejeski WJ, Hutton SL, Kritchevsky SB. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *J Aging Phys Act*. 2009;17(4):416–43.
269. Henwood TR, Riek S, Taaffe DR. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(1):83–91.
270. Guillamón-Escudero C, Diago-Galmés A, Tenías-Burillo JM, Soriano JM, Fernández-Garrido JJ. Prevalence of Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults in Valencia, Spain. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Dec 1;17(23):1–12.
271. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50(5):889–96.
272. Sherrington C, Michaleff ZA, Fairhall N, Paul SS, Tiedemann A, Whitney J, et al. Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017 Dec 1;51(24):1749–57.
273. Hopewell S, Adedire O, Copsey BJ, Boniface GJ, Sherrington C, Clemson L, et al. Multifactorial and multiple component interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Jul 23;2018(7).
274. Jiménez-Lupión D, Chiroso-Ríos L, Martínez-García D, Rodríguez-Pérez M, Jerez-Mayorga D. Effects of Power Training on Functional Capacity Related to Fall Risk in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2023 Sep 1;104(9):1514–25.
275. Nogueira W, Gentil P, Mello SNM, Oliveira RJ, Bezerra AJC, Bottaro M. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med*. 2009 Mar;30(3):200–4.
276. Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjær M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*. 2010 Feb;20(1):49–64.



277. Cadore EL, Pinto RS, Bottaro M, Izquierdo M. Strength and Endurance Training Prescription in Healthy and Frail Elderly. *Aging Dis.* 2014;5(3):183.
278. Conlon JA, Newton RU, Tufano JJ, Peñailillo LE, Banyard HG, Hopper AJ, et al. The efficacy of periodised resistance training on neuromuscular adaptation in older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2017 Jun 1;117(6):1181–94.
279. Macaluso A, De Vito G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol.* 2004 Apr;91(4):450–72.
280. Narici M V., Reeves ND, Morse CI, Maganaris CN. Muscular adaptations to resistance exercise in the elderly. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2004 Jun;4(2):161–4.
281. Izquierdo VL, Jhuliet J, Alfonso S, Pablo J, Alba S. Efectos del entrenamiento de la fuerza en la composición corporal de mujeres adultas mayores. *Germina.* 2021 Mar 3;4(4):66–75.
282. Seo MW, Jung SW, Kim SW, Lee JM, Jung HC, Song JK. Effects of 16 Weeks of Resistance Training on Muscle Quality and Muscle Growth Factors in Older Adult Women with Sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Jul 1;18(13).
283. Hsu KJ, Liao C De, Tsai MW, Chen CN. Effects of Exercise and Nutritional Intervention on Body Composition, Metabolic Health, and Physical Performance in Adults with Sarcopenic Obesity: A Meta-Analysis. *Nutrients.* 2019 Sep 1;11(9).
284. Romero-Arenas S, Blazeovich AJ, Martínez-Pascual M, Pérez-Gómez J, Luque AJ, López-Román FJ, et al. Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. *Exp Gerontol.* 2013 Mar 1;48(3):334–40.
285. Monteiro AM, Rodrigues S, Matos S, Teixeira JE, Barbosa TM, Forte P. The Effects of 32 Weeks of Multicomponent Training with Different Exercises Order in Elderly Women's Functional Fitness and Body Composition. *Medicina (Kaunas).* 2022 May 1;58(5).
286. Romero-García M, López-Rodríguez G, Henao-Morán S, González-Unzaga M, Galván M. Effect of a Multicomponent Exercise Program (VIVIFRAIL) on Functional Capacity in Elderly Ambulatory: A Non-Randomized Clinical Trial in Mexican Women with Dynapenia. *J Nutr Heal Aging.* 2021 Feb 1;25(2):148–54.
287. Willoughby D, Hewlings S, Kalman D. Body Composition Changes in Weight Loss: Strategies and Supplementation for Maintaining Lean Body Mass, a Brief Review. *Nutrients.* 2018 Dec 1;10(12).
288. Cava E, Yeat NC, Mittendorfer B. Preserving Healthy Muscle during Weight Loss. *Adv Nutr.* 2017 May 1;8(3):511.
289. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 2000;89(2):465–71.

290. Lee JSW, Auyeung TW, Kwok T, Lau EMC, Leung PC, Woo J. Associated Factors and Health Impact of Sarcopenia in Older Chinese Men and Women: A Cross-Sectional Study. *Gerontology*. 2008 May 1;53(6):404–10.
291. Chien MY, Huang TY, Wu YT. Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc*. 2008 Sep;56(9):1710–5.
292. Rutten IJG, Ubachs J, Kruitwagen RFPM, Beets-Tan RGH, Olde Damink SWM, Van Gorp T. Psoas muscle area is not representative of total skeletal muscle area in the assessment of sarcopenia in ovarian cancer. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017 Aug 1;8(4):630–8.
293. Baracos VE. Psoas as a sentinel muscle for sarcopenia: a flawed premise. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017 Aug 1;8(4):527–8.
294. Liu C, Wong PY, Chung YL, Chow SKH, Cheung WH, Law SW, et al. Deciphering the “obesity paradox” in the elderly: A systematic review and meta-analysis of sarcopenic obesity. *Obes Rev*. 2023 Feb 1;24(2):e13534.
295. Abete I, Konieczna J, Zulet MA, Galmés-Panades AM, Ibero-Baraibar I, Babio N, et al. Association of lifestyle factors and inflammation with sarcopenic obesity: data from the PREDIMED-Plus trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019 Oct 1;10(5):974–84.
296. Bilski J, Pierzchalski P, Szczepanik M, Bonior J, Zoladz JA. Multifactorial Mechanism of Sarcopenia and Sarcopenic Obesity. Role of Physical Exercise, Microbiota and Myokines. *Cells*. 2022 Jan 1;11(1).
297. Obesity and overweight [Internet]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
298. Guede Rojas F, Chiroso Ríos LJ, Vergara Ríos C, Fuentes Contreras J, Delgado Paredes F, Valderrama Campos MJ. Fuerza prensil de mano y su asociación con la edad, género y dominancia de extremidad superior en adultos mayores autovalentes insertos en la comunidad: Un estudio exploratorio. *Rev Med Chil*. 2015 Aug 1;143(8):995–1000.
299. Onambélé GL, Maganaris CN, Mian OS, Tam E, Rejc E, McEwan IM, et al. Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *J Biomech*. 2008 Nov 14;41(15):3133–8.
300. Orr R, De Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Fiatarone-Singh MA. Power training improves balance in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(1):78–85.
301. Tiggemann CL, Dias CP, Radaelli R, Massa JC, Bortoluzzi R, Schoenell MCW, et al. Effect of traditional resistance and power training using rated perceived exertion for enhancement of muscle strength, power, and functional performance. *Age (Omaha)*. 2016 Apr 1;38(2).

302. Reid KF, Callahan DM, Carabello RJ, Phillips EM, Frontera WR, Fielding RA. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res.* 2008;20(4):337–43.
303. Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc.* 2002;50(4):655–62.
304. Tsuji H, Tetsunaga T, Tetsunaga T, Misawa H, Oda Y, Takao S, et al. Evaluation of SARC-F and SARC-CalF for sarcopenia screening in patients with chronic musculoskeletal pain: A prospective cross-sectional study. *Medicine (Baltimore).* 2022 Jul 7;101(29):E29568.





# ANEXOS

# 10 ANEXOS

## ANEXO 1. Puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia de todos los contextos clínicos.

Society	Consensus definition	Diagnostic criteria
EWGSP (2010) <sup>13</sup>	Sarcopenia was recognized as a geriatric syndrome and defined as "a syndrome characterized by progressive and generalized loss of skeletal muscle mass and strength with a risk of adverse outcomes such as physical disability, poor quality of life, and death."	<ul style="list-style-type: none"> <li>Screen older adults &gt;65 y by measuring gait speed</li> <li>Diagnose sarcopenia if:               <ol style="list-style-type: none"> <li>Low muscle mass is present with either (2) or (3)</li> <li>Low muscle strength</li> <li>Low physical performance</li> </ol>               (Recommended cut-off points were defined as 2 SD below the mean of normal reference value and low gait speed &lt;0.8 m/s).             </li> </ul>
EWGSOP2 (2019) <sup>14</sup>	Updated consensus. Sarcopenia is defined as "a progressive and generalized skeletal muscle disorder that is associated with increased likelihood of adverse outcomes including falls, fractures, physical disability, and mortality." EWGSOP2 recognizes sarcopenia as muscle disease, "muscle failure," and could be acute (<6 mo) or chronic. In addition, EWGSOP2 promoted low muscle strength as the primary indicator for sarcopenia as opposed to muscle mass.	<p>F-A-C-S Algorithm:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Find: case finding by clinical symptoms of functional decline or SARC-F questionnaire,</li> <li>Assess: measure muscle strength by handgrip or chair rise test,</li> <li>Confirm: measure muscle quantity or quality by DXA, BIA, or muscle cross-sectional area by MRI or CT,</li> <li>Severity: measure physical performance by gait speed, SPPB, TUG, or 400-m walk.</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>Low muscle strength (sarcopenia is probable)</li> <li>Low muscle quantity or quality (sarcopenia is confirmed)</li> <li>Low physical performance (sarcopenia is severe)</li> </ol> <p>Low muscle strength:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Handgrip strength:               <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;27 kg for men</li> <li>&lt;16 kg for women</li> </ul> </li> <li>Chair rise test: &gt;15 s for 5 rises</li> </ul> <p>Low muscle mass "quantity": <math>ASM/height^2</math></p> <p>Men <math>\leq 7</math> kg/m<sup>2</sup> Women <math>\leq 5.5</math> kg/m<sup>2</sup></p> <p>Low physical performance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gait speed: <math>\leq 0.8</math> m/s</li> <li>SPPB: score <math>\leq 8</math> points</li> <li>TUG: <math>\geq 20</math> s</li> <li>400 m walk test: noncompletion or <math>\geq 6</math> min for completion</li> </ul>
SIG (2010) <sup>15</sup>	"Sarcopenia is a condition characterized by loss of muscle mass and muscle strength. Muscle mass decrease is directly responsible for functional impairment with loss of strength, increased likelihood of falls, and loss of autonomy. Although sarcopenia is primarily a disease of the elderly, its development may be associated with conditions that are not exclusively seen in older persons, like disuse, malnutrition, and cachexia."	<p>Diagnose sarcopenia in the presence of 2 criteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Low muscle mass (muscle mass 2 SD below the mean of young adults)</li> <li>Low gait speed (walking speed &lt;0.8 m/s in the 4-m walk test)</li> </ol>
IWGS (2011) <sup>16</sup>	"Sarcopenia is the age-associated loss of skeletal muscle mass and function. Sarcopenia is a complex syndrome that is associated with muscle mass loss alone or in conjunction with increased fat mass. The causes of sarcopenia are multifactorial and can include disuse, changing endocrine function, chronic diseases, inflammation, insulin resistance, and nutritional deficiencies. While cachexia may be a component of sarcopenia, the two conditions are not the same."	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consider sarcopenia in all older adults with a decline in physical functioning, strength, or health status</li> <li>Diagnose sarcopenia if               <ul style="list-style-type: none"> <li>gait speed &lt;1 m/s and low muscle mass is present</li> </ul> </li> </ul> <p>Low muscle mass: <math>ASM/height^2</math></p> <p>Men <math>\leq 7.23</math> kg/m<sup>2</sup> Women <math>\leq 5.67</math> kg/m<sup>2</sup></p>
SCWD (2011) <sup>17</sup>	"Reduced muscle mass with limited mobility. The limitation in mobility should not clearly be a result of otherwise defined specific diseases of	<ul style="list-style-type: none"> <li>Screen older adults &gt;60 y with a functional decline or recent hospitalization/prolonged bed rest.</li> <li>Diagnose sarcopenia if               <ol style="list-style-type: none"> <li>Gait speed <math>\leq 1</math> m/s or walk &lt;400 m in 6-min walk test and</li> </ol> </li> </ul>

<p>SCWD (2011)<sup>17</sup></p>	<p>"Reduced muscle mass with limited mobility. The limitation in mobility should not clearly be a result of otherwise defined specific diseases of muscle, peripheral arterial disease with intermittent claudication, central and peripheral nervous system disorders, or cachexia."</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Screen older adults &gt;60 y with a functional decline or recent hospitalization/prolonged bed rest.</li> <li>• Diagnose sarcopenia if             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gait speed <math>\leq 1</math> m/s or walk &lt;400 m in 6-min walk test and</li> <li>2. Lean appendicular mass/height<sup>2</sup> &lt;2 SD below the mean of young adults of the same ethnicity</li> </ol> </li> </ul>
<p>FNIH (2014)<sup>18</sup></p>	<p>"True medical condition related to low lean mass, beyond that found in usual aging. The medical condition cannot be defined based on lean mass alone but should be related to loss of strength and function, and perhaps to increased health care utilization and mortality. This condition should be both prevented and treated." FNIH highlighted the superiority of muscle weakness and mobility impairment in predicting future disability and adverse outcomes. "Low muscle mass should be determined based on the risk of muscle weakness."</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Screen older adults for low physical performance (mobility) by gait speed (&lt;0.8 m/s) or SPPB.</li> <li>• Assess muscle weakness in all Individuals with reduced physical performance.</li> <li>• Assess muscle mass to identify individuals whose weakness is caused by low muscle mass to guide intervention.</li> </ul> <p>Low muscle strength:</p> <p>handgrip strength</p> <p>Men &lt;26 kg</p> <p>Women &lt;16 kg</p> <p>Low muscle mass: ASM adjusted for BMI</p> <p>Men &lt;0.789</p> <p>Women &lt;0.512</p>
<p>AWGS (2014)<sup>19</sup></p>	<p>AWGS adopted a similar definition as the EWGS of an age-related geriatric syndrome characterized by loss of muscle mass with low muscle function. Distinctively, AWGS required both low strength and physical performance for the diagnosis. In addition, different cut-off points were proposed based on the Asian population anthropometrics.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Screen all community-dwelling older adults aged <math>\geq 60</math> or 65 y and older adults with certain medical conditions* in health care settings by measuring handgrip strength and gait speed</li> <li>• Diagnose sarcopenia if:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Low gait speed and handgrip strength is present and</li> <li>2. Low muscle mass</li> </ol> </li> </ul> <p>Low muscle strength:</p> <p>Handgrip strength:</p> <p>Men &lt;22.4 kg</p> <p>Women &lt;14.3 kg</p> <p>Low muscle mass: ASM/height<sup>2</sup>:</p> <p>By DXA</p> <p>Men &lt;7.0 kg/m<sup>2</sup> for</p> <p>Women &lt;5.4 kg/m<sup>2</sup></p> <p>By BIA</p> <p>Men &lt;7.0 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Women &lt;5.7 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Low physical performance:</p> <p>Gait speed &lt;8 m/s</p>

<p>AWGS (2019)<sup>20</sup></p>	<p>Updated consensus. AWGS 2019 retains the previous definition of sarcopenia, "age-related loss of muscle mass, plus low muscle strength, and/or low physical performance," but proposed an updated diagnostic algorithm and cut-off points. In addition, AWGS 2019 recommended different algorithms for community and hospital settings and introduced the term "possible sarcopenia" to promote early interventions in the community setting.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Screen older adults by measuring either calf circumference (men &lt;34 cm, women &lt;33 cm), SARC-F (<math>\geq 4</math>), or both SARC-CalF (<math>\geq 11</math>).</li> <li>• Possible sarcopenia: low muscle strength (handgrip strength) or low physical performance (chair rise test)</li> <li>• Diagnose sarcopenia by:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. low muscle strength or physical performance and</li> <li>2. low muscle mass</li> </ol> </li> <li>• Severe sarcopenia:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Low muscle strength,</li> <li>2. Low physical performance and</li> <li>3. Low muscle mass.</li> </ol> </li> </ul> <p>Low muscle strength:</p> <p>Handgrip strength</p> <p>Men &lt;28 kg</p> <p>Women &lt;18 kg</p> <p>Low muscle mass: ASM/height<sup>2</sup></p> <p>By DXA</p> <p>Men &lt;7.0 kg/m<sup>2</sup> for</p> <p>Women &lt;5.4 kg/m<sup>2</sup></p> <p>By BIA</p> <p>Men &lt;7.0 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Women &lt;5.7 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Low physical performance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gait speed &lt;1.0 m/s</li> <li>- Chair rise test <math>\geq 12</math> s</li> <li>- SPPB <math>\leq 9</math></li> </ul>
<p>SDOC (2020)<sup>21,22</sup></p>	<p>SDOC defines sarcopenia for community-dwelling adults as weakness defined by low grip strength and slowness defined by low gait speed. Distinctive from all other consensus definitions, SDOC does not recommend ASM by DXA given its poor predictivity for adverse health-related outcomes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Low muscle strength (weakness):</li> </ol> <p>Handgrip strength</p> <p>Men &lt;35.5 kg</p> <p>Women &lt;20 kg</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Slowness:</li> </ol> <p>Gait speed &lt;0.8 m/s</p>
<p>ESPEN/EASO (2022)<sup>23</sup></p>	<p>"Sarcopenic obesity is the co-existence of obesity (high body fat %) and sarcopenia (low muscle mass and function)."</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Screen for sarcopenic obesity by measuring BMI or WC and sarcopenia validated questionnaires (eg, SARC-F) or surrogate measures.*†</li> </ul> <p>If elevated BMI or WC and positive screen for sarcopenia, proceed to diagnosis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosis is done in 2 steps:</li> </ul>

		<p>By DXA Men &lt;7.0 kg/m<sup>2</sup> for Women &lt;5.4 kg/m<sup>2</sup></p> <p>By BIA Men &lt;7.0 kg/m<sup>2</sup> Women &lt;5.7 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Low physical performance: - Gait speed &lt;1.0 m/s - Chair rise test ≥12 s - SPPB ≤9</p>
SDOC (2020) <sup>21,22</sup>	SDOC defines sarcopenia for community-dwelling adults as weakness defined by low grip strength and slowness defined by low gait speed. Distinctive from all other consensus definitions, SDOC does not recommend ASM by DXA given its poor predictivity for adverse health-related outcomes.	<p>1. Low muscle strength (weakness): Handgrip strength Men &lt;35.5 kg Women &lt;20 kg</p> <p>2. Slowness: Gait speed &lt;0.8 m/s</p>
ESPEN/EASO (2022) <sup>23</sup>	"Sarcopenic obesity is the co-existence of obesity (high body fat %) and sarcopenia (low muscle mass and function)."	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Screen for sarcopenic obesity by measuring BMI or WC and sarcopenia validated questionnaires (eg, SARC-F) or surrogate measures.†</li> </ul> <p>If elevated BMI or WC and positive screen for sarcopenia, proceed to diagnosis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagnosis is done in 2 steps:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Assess muscle function by measuring strength (BMI-adjusted handgrip or knee extensor strength, or chair rise test). If low muscle function is detected, then</li> <li>2. assess body composition (fat mass % and muscle mass) by either DXA or BIA. CT is preferred when possible (being done for other diagnostic purposes)</li> </ol> </li> </ul> <p>Sarcopenic obesity diagnosis is established in the presence of altered muscle function and body composition.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stages of sarcopenic obesity:             <ul style="list-style-type: none"> <li>Stage I: no complication related to altered muscle function and body composition</li> <li>Stage II: at least 1 complication is present (functional disabilities, metabolic disease, CVD or respiratory disorders)</li> </ul> </li> </ul>

ASM indicates appendicular skeletal muscle mass; AWGS, Asian Working Group for Sarcopenia; BIA, bioelectrical impedance analysis; BMI, body mass index; CT, computed tomography; DXA, dual-energy x-ray absorptiometry; ESPE/EASO, European Society for Clinical Nutrition and Metabolism/European Association for the Study of Obesity; EWGSOP, European Working Group on Sarcopenia in Older People; FNIH, Foundation for the National Institutes of Health; IWGS, International Working Group on Sarcopenia; MRI, magnetic resonance imaging; SARC-F, Strength, Assistance Walking, Rise From a Chair, Climb Stairs, and Falls; SCWD, Society of Sarcopenia, Cachexia and Wasting Disorders; SDOC, Sarcopenia Definitions and Outcomes Consortium; SIG, Special Interest Group; SPPB, Short Physical Performance Battery; TUG, Timed Up and Go; and WC, waist circumference.

\*Recent functional decline, unintentional weight loss >5% in a month, depressive mood or cognitive impairment, repeated falls, undernutrition, and chronic illnesses.  
†Age >70 y, recent rapid weight gain, corticoid treatment.



## ANEXO 2. Consentimiento informado

### **INFORMACIÓN sobre el ESTUDIO DE LA COMPARACIÓN DEL EFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA-POTENCIA Y EL ENTRENAMIENTO MIXTO SOBRE LA FUNCIONALIDAD Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN MUJERES MAYORES CON PRE-SARCOPENIA.**

Investigador Principal: Dr. D. Roberto Méndez Sánchez. Universidad de Salamanca

#### **INTRODUCCIÓN**

Con este documento queremos informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. Su participación es voluntaria. Por favor, tómese el tiempo que necesite para leer la siguiente información y consultar lo que desee. Pregúntele al investigador de este estudio si hay algo que no le queda claro o si desea obtener más información.

#### **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

1. Comparar el efecto de un programa de ejercicio terapéutico de fuerza basado en la potencia muscular con uno de entrenamiento mixto y comprobar si mejora el estado muscular y grado de sarcopenia, según parámetros de funcionalidad, fuerza y composición corporal en mujeres mayores de 65 años con sarcopenia probable.
2. Caracterizar y describir el estado muscular y grado de sarcopenia en una población de mujeres mayores de 65 años según parámetros de fuerza, bioimpedancia electrónica y funcionalidad.
3. Analizar las asociaciones y correlaciones basales y postintervención entre el estado muscular y/o grado de sarcopenia (fuerza, composición corporal, funcionalidad) con el nivel de actividad física, estado nutricional, grado de fragilidad y calidad de vida en mujeres mayores de 65 años.
4. Valorar el efecto de una intervención con ejercicio físico terapéutico de fuerza, basado en potencia muscular, frente una intervención con ejercicio físico terapéutico multimodal (mixto) y la falta de ejercicio físico (grupo control), según los grupos de estudio.

#### **METODOLOGÍA**

Se trata de un Ensayo clínico aleatorizado y controlado con tres grupos paralelos, en el que se reclutarán mujeres mayores de 65 años con grado de pre-sarcopenia según el algoritmo propuesto por el EWGSOP2 de 2019. Los participantes del estudio serán asignados a uno de los tres brazos del estudio: 1) Grupo de Ejercicio Mixto (GEM); 2) Grupo de Ejercicio de Potencia Muscular (GEP); 3) Grupo Control sin ejercicio (GC). El estudio tendrá una duración de 1 año con una intervención de 32 semanas con tres sesiones semanales de 50 minutos. Se realizarán 3 visitas de evaluación, una previa a la intervención (visita inicial) y dos visitas post-intervención a los 8 meses y otra de seguimiento a los 12 meses. Tanto los participantes como los investigadores evaluadores estarán cegados.

Al inicio y al finalizar el estudio los participantes, de forma libre y voluntaria, facilitarán la siguiente información y realizarán los siguientes tipos de pruebas y valoraciones:

1. **Filiación o datos personales e historia clínica.**
2. **Pruebas de valoración de la condición física:**
  - a. Determinación de la funcionalidad: Se realizarán los siguientes test: Timed Up&Go (TUG), SPPB (Short Physical Performance Battery), prueba de la escalinata y prueba de la velocidad de la marcha.
  - b. Determinación de la fuerza muscular: Se realizarán los siguientes test: fuerza de presión manual, test de las 5 sentadillas, y se valorará la velocidad de ejecución de la fase concéntrica de la sentadilla (estimación de la potencia muscular).
  - c. Determinación de la composición corporal: Se obtendrá: el peso, Índice de Masa Corporal, perímetro abdominal, porcentaje de grasa corporal y masa muscular, grado de grasa visceral, masa muscular apendicular e Índice de masa muscular apendicular ajustado por la estatura.

#### **REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS Y VALORACIONES**

Todas estas pruebas de valoración se administrarán por un fisioterapeuta evaluador entrenado y cegado, en óptimas condiciones de higiene y seguridad, utilizando aparatos e instrumental homologado.

**BENEFICIOS DE LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS**

El beneficio para usted consistirá en conocer el nivel de su estado funcional y antropométrico completo tal y como exigen las últimas recomendaciones de la comunidad científica.

Participando en este estudio podrá participar en un programa de ejercicio físico, con diferentes tipos de ejercicios, de forma sistemática, programada y supervisada por fisioterapeutas titulados. Las sesiones serán dirigidas y realizadas por fisioterapeutas formados específicamente en ejercicio terapéutico en personas mayores. La realización en grupos reducidos nos permitirá recomendarle pautas, hábitos y conductas a seguir para optimizar la forma de realizar los ejercicios obteniendo los mejores resultados y la transferencia de los beneficios a su vida diaria.

La información que se obtenga de este proyecto de investigación puede contribuir al avance científico y podría ayudar a otros pacientes en el futuro. No percibirá ningún beneficio económico por su participación y la cesión de los datos proporcionados, ni tendrá derechos sobre posibles beneficios comerciales de los descubrimientos que puedan conseguirse como resultado de la investigación efectuada.

**Este estudio de investigación ha sido aprobado por el Comité de ética del medicamento del Área de salud de Salamanca. La financiación del Proyecto se encuentra al amparo del Proyecto/contrato Art. 83 entre el Ayuntamiento de Salamanca (Concejalía de Mayores) y la Universidad de Salamanca.**

**MANEJO DE SUS DATOS PERSONALES**

Toda la información sobre este estudio se almacenará codificada, y se empleará exclusivamente para los fines aquí especificados. En caso de que sus datos sean cedidos a otros grupos de investigación, se realizará siempre según la legislación vigente, manteniendo sus datos codificados, para realizar estudios relacionados con los objetivos de este trabajo, y con previa autorización del Comité de ética del medicamento del Área de salud de Salamanca. En caso de que los objetivos del trabajo de investigación propuesto por otros grupos de investigación sean diferentes a los del presente proyecto, se le solicitará un nuevo consentimiento.

**PARTICIPACIÓN Y RETIRADA VOLUNTARIA**

Usted puede decidir libremente si desea o no tomar parte en este estudio, la participación es totalmente voluntaria. Si decide participar, sigue teniendo la posibilidad de retirarse en cualquier momento sin tener que dar explicaciones, y sin penalización alguna ni consecuencias negativas para Ud. Si cambiara de opinión en relación con sus muestras o sus datos, tiene derecho a solicitar su destrucción o anonimización, a través de su investigador. No obstante, los datos que se hayan obtenido en los análisis realizados hasta ese momento podrán ser utilizados para los fines solicitados y podrán conservarse en cumplimiento de las obligaciones legales correspondientes.

**PROTECCIÓN DE DATOS Y CONFIDENCIALIDAD**

Toda la información sobre sus resultados se tratará de manera estrictamente confidencial. Sus datos estarán identificados mediante un código, de manera que no incluya información que pueda identificarle, y sólo el equipo investigador podrá relacionar dichos datos con usted. El equipo investigador asume la responsabilidad en la protección de datos de carácter personal. Tanto sus muestras como sus datos se mantendrán bajo las condiciones de seguridad adecuadas y se garantiza que los sujetos no podrán ser identificados a través de medios considerados razonables por personas distintas a las autorizadas. Si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los participantes en esta investigación. Sus datos personales estarán protegidos de acuerdo con lo establecido en Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento europeo y del Consejo de 27 abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD), teniendo derecho a acceder, rectificar o cancelar sus datos, y puede limitar el tratamiento de datos que sean incorrectos, solicitar una copia o que se trasladen a un tercero los datos que Ud. ha facilitado para el estudio. Para ejercitar sus derechos, dirijase al investigador principal del estudio cuyos datos se especifican al final de este documento o al Delegado de Protección de Datos de nuestro centro (dpd.husa@saludcastillayleon.es). Así mismo, tiene derecho a dirigirse a la Agencia de Protección de Datos si no quedara satisfecho.

Roberto Méndez Sánchez. Email: [ro\\_mendez@usal.es](mailto:ro_mendez@usal.es)

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

D/Dª ..... con D.N.I. ....

en pleno uso de mis facultades, libre y voluntariamente DECLARO:

Que **he solicitado participar voluntariamente** en el PReGe organizado y financiado por el Ayuntamiento de Salamanca, cuyo Investigador Principal y responsable es el Dr. D. Roberto Méndez Sánchez, fisioterapeuta y profesor titular de universidad (TU) de la Universidad de Salamanca.

Que **he leído** la información sobre los objetivos, metodología, beneficios, incomodidades y riesgos derivados de mi participación en el citado PReGe, y que **me han respondido a las preguntas que he formulado** personalmente por el Dr. Méndez o sus colaboradores de forma comprensible para mí y a mi completa satisfacción.

Que **se me ha informado** que para poder participar activamente en el programa, y para lograr los objetivos propuestos en el mismo, es preciso que **me hagan una serie de exploraciones preliminares** que permitan valorar la evolución de las variables a evaluar.

Declaro **haber facilitado de manera leal y verdadera** los datos sobre el estado físico y de salud de mi persona que pudieran afectar a mi participación en el PReGe.

Que soy conocedor de **que puedo negarme** a realizar alguna o todas las pruebas y valoraciones indicadas en la hoja de información, cuando quiera, y sin tener que dar explicaciones, y entiendo igualmente que la realización de algunas pruebas es esencial e imprescindible para ser incluido en algunas actividades del Programa.

Que se me ha garantizado que **los datos y la información** derivada de las pruebas y valoraciones funcionales que se me realicen durante mi participación en el PReGe **serán tratados con la máxima confidencialidad que exige la ley**, que no serán cedidos ni entregados a ninguna persona o entidad, bajo ninguna circunstancia, ni serán utilizados públicamente con ningún fin.

**Por tanto, presto mi conformidad e informadamente consiento y autorizo al Dr. D. Roberto Méndez Sánchez y a los miembros de su equipo que éste considere pertinente, para que se me realicen las pruebas y valoraciones que se han detallado en este consentimiento.**

En Salamanca, a ..... de ..... de .....

Centro donde se participará en el Proyecto: .....

\_\_\_\_\_  
Firma del participante

\_\_\_\_\_  
Fecha



**INFORMACIÓN sobre el ESTUDIO DE LA COMPARACIÓN DEL EFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA-POTENCIA Y EL ENTRENAMIENTO MIXTO SOBRE LA FUNCIONALIDAD Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN MUJERES MAYORES CON PRE-SARCOPENIA.**

Investigador Principal: Dr. D. Roberto Méndez Sánchez. Universidad de Salamanca

**INTRODUCCIÓN**

Con este documento queremos informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. Su participación es voluntaria. Por favor, tómese el tiempo que necesite para leer la siguiente información y consultar lo que desee. Pregúntele al investigador de este estudio si hay algo que no le queda claro o si desea obtener más información.

**OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

1. Comparar el efecto de un programa de ejercicio terapéutico de fuerza basado en la potencia muscular con uno de entrenamiento mixto y comprobar si mejora el estado muscular y grado de sarcopenia, según parámetros de funcionalidad, fuerza y composición corporal en mujeres mayores de 65 años con sarcopenia probable.
2. Caracterizar y describir el estado muscular y grado de sarcopenia en una población de mujeres mayores de 65 años según parámetros de fuerza, bioimpedancia electrónica y funcionalidad.
3. Analizar las asociaciones y correlaciones basales y postintervención entre el estado muscular y/o grado de sarcopenia (fuerza, composición corporal, funcionalidad) con el nivel de actividad física, estado nutricional, grado de fragilidad y calidad de vida en mujeres mayores de 65 años.
4. Valorar el efecto de una intervención con ejercicio físico terapéutico de fuerza, basado en potencia muscular, frente una intervención con ejercicio físico terapéutico multimodal (mixto) y la falta de ejercicio físico (grupo control), según los grupos de estudio.

**METODOLOGÍA**

Se trata de un Ensayo clínico aleatorizado y controlado con tres grupos paralelos, en el que se reclutarán mujeres mayores de 65 años con grado de pre-sarcopenia según el algoritmo propuesto por el EWGSOP2 de 2019. Los participantes del estudio serán asignados a uno de los tres brazos del estudio: 1) Grupo de Ejercicio Mixto (GEM); 2) Grupo de Ejercicio de Potencia Muscular (GEP); 3) Grupo Control sin ejercicio (GC). El estudio tendrá una duración de 1 año con una intervención de 32 semanas con tres sesiones semanales de 50 minutos. Se realizarán 3 visitas de evaluación, una previa a la intervención (visita inicial) y dos visitas post-intervención a los 8 meses y otra de seguimiento a los 12 meses. Tanto los participantes como los investigadores evaluadores estarán cegados.

Al inicio y al finalizar el estudio los participantes, de forma libre y voluntaria, facilitarán la siguiente información y realizarán los siguientes tipos de pruebas y valoraciones:

1. Filiación o datos personales e historia clínica.
2. Pruebas de valoración de la condición física:
  - a. Determinación de la funcionalidad: Se realizarán los siguientes test: Timed Up&Go (TUG), SPPB (Short Physical Performance Battery), prueba de la escalinata y prueba de la velocidad de la marcha.
  - b. Determinación de la fuerza muscular: Se realizarán los siguientes test: fuerza de prensión manual, test de las 5 sentadillas, y se valorará la velocidad de ejecución de la fase concéntrica de la sentadilla (estimación de la potencia muscular).
  - c. Determinación de la composición corporal: Se obtendrá: el peso, Índice de Masa Corporal, perímetro abdominal, porcentaje de grasa corporal y masa muscular, grado de grasa visceral, masa muscular apendicular e Índice de masa muscular apendicular ajustado por la estatura.

**REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS Y VALORACIONES**

Todas estas pruebas de valoración se administrarán por un fisioterapeuta evaluador entrenado y cegado, en óptimas condiciones de higiene y seguridad, utilizando aparatos e instrumental homologado.



## ANEXO 4. Cuestionario SARC-F:

<b>Escala SARC-F versión en español – México</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Puntaje</b>
1. Fuerza	¿Qué tanta dificultad tiene para llevar o cargar 4.5 kilogramos?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha o incapaz = 2
2. Asistencia para caminar	¿Qué tanta dificultad tiene para cruzar caminando por un cuarto?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha, usando auxiliares o incapaz = 2
3. Levantarse de una silla	¿Qué tanta dificultad tiene para levantarse de una silla o cama?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha o incapaz, sin ayuda = 2
4. Subir escaleras	¿Qué tanta dificultad tiene para subir 10 escalones?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha o incapaz = 2
5. Caídas	¿Cuántas veces se ha caído en el último año?	Ninguna = 0 1 a 3 caídas = 1 4 o más caídas = 2
Si el puntaje total es $\geq 4$ puntos se define como sarcopenia.		
<b>Referencia:</b> Parra-Rodríguez L, Szlej C, García-González AI, Malmstrom TK, Cruz-Arenas E, Rosas-Carrasco O. Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Spanish-Language Version of the SARC-F to Assess Sarcopenia in Mexican Community-Dwelling Older Adults. J Am Med Dir Assoc. 2016;17(12):1142-1146. doi:10.1016/j.jamda.2016.09.008 <b>Contacto:</b> oscar_rosas_c@hotmail.com		
<b>Versión original en inglés:</b> Malmstrom TK, Morley JE. SARC-F: a simple questionnaire to rapidly diagnose sarcopenia. J Am Med Dir Assoc. 2013;14(8):531-2. doi:10.1016/j.jamda.2013.05.018.		

## ANEXO 5. Short Physical Performance Battery (SPPB):

